

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



“DESARROLLO DE HERRAMIENTA PARA LA PLANEACIÓN DE LA DEMANDA
PARA EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE PRODUCTOS UTILIZANDO K-MEANS Y
HOLT-WINTERS”

TESIS PRESENTADA POR EL BACHILLER:

Francisco Álvaro Ramírez Muñoz

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Sistemas

AREQUIPA – PERÚ

2013

PRESENTACIÓN

Sra. Directora del Programa Profesional de Ingeniería de Sistemas

Sres. Miembros del Jurado.

De conformidad con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos del Programa Profesional de Ingeniería de Sistemas, pongo a vuestra consideración el presente trabajo de investigación titulado:

“Desarrollo de herramienta para la planeación de la demanda para empresas distribuidoras de productos utilizando K-Means y Holt-Winters”

Francisco Alvaro Ramírez Muñoz



AGRADECIMIENTOS

A Dios padre todopoderoso por permitirme seguir en éste mundo,

A mis padres por estar siempre a mi lado y haberme apoyado incondicionalmente en todos los proyectos emprendidos.

A mis asesores, Manuel Zúñiga Carnero y Fernando Paredes Marchena por su invaluable guía y apoyo.



DEDICATORIA

A mi madre por su amor y apoyo.

A mi padre por el esfuerzo realizado, para poder estudiar en la Universidad.



TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
TABLA DE ECUACIONES.....	10
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	11
TABLA DE ESTADÍSTICAS DE INDICADORES	13
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
CAPITULO I	17
PLANTEAMIENTO TEORICO	17
1.1. TÍTULO	17
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES	18
1.4.1. ALCANCES.....	18
1.4.2. LIMITACIONES	19

1.5.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	19
1.6.	ÁREA CIENTÍFICA A LA QUE CORRESPONDE EL PROBLEMA.....	19
1.7.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.8.	OBJETIVOS	20
1.8.1.	OBJETIVO GENERAL	20
1.8.2.	OBJETIVO ESPECÍFICOS	20
1.9.	VARIABLES	20
1.9.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES:	20
1.9.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	20
1.10.	INDICADORES.....	21
1.10.1.	DINÁMICO:	21
1.10.2.	FLEXIBLE:.....	21
1.10.3.	LEGIBLE:	21
1.10.4.	EFICIENCIA:.....	21
CAPITULO II.....		22
MARCO TEORICO.....		22
2.1	ESTADO DEL ARTE.....	22
2.2	LOS PRONÓSTICOS EN LAS OPERACIONES	26
2.2.1.	DEFINICIONES DE PRONÓSTICO Y PREDICCIÓN.....	26

2.2.2. MÉTODOS DE SERIES DE TIEMPO.....	26
2.2.3. MÉTODOS DE DESCOMPOSICIÓN DE FACTORES DE LA DEMANDA-MODELO HOLT-WINTERS	36
2.2.4. MODELO DE PREVISIÓN MENSUAL – SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO	38
2.2.5. DIMENSIONES DEL COMPORTAMIENTO HUMANO EN EL PRONÓSTICO.....	39
2.3 K-MEANS CLUSTERING.....	40
2.4 MACROS EN EXCEL.....	44
2.5 PROGRAMANDO EN VBA.....	45
2.5.1 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	45
2.5.2 PROPIEDADES Y MÉTODOS	45
2.5.3 INTRODUCCIÓN A LAS CLASES EN VBA	46
2.6 COMPLEMENTO SOLVER.....	48
2.6.1 ALGORITMOS Y MÉTODOS UTILIZADOS POR SOLVER	48
2.6.2 CUADRO DE PARÁMETROS DE SOLVER.....	48
2.7 MSE(MEAN SQUARE ERROR) ERROR CUADRÁTICO MEDIO	55
2.8 MAD (MEAN ABSOLUTE DEVIATION) DESVIACIÓN MEDIA ABSOLUTA	55
CAPITULO III.....	56
INGENIERÍA DEL PRODUCTO	56

3.1.	RESUMEN DEL DISEÑO	56
3.2.	REQUERIMIENTOS.....	58
3.2.1	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	58
3.2.2	REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	77
CAPITULO IV.....		79
IMPLEMENTACIÓN.....		79
4.1	INTERFACES DE LA HERRAMIENTA.....	79
4.2	CONFIGURACIÓN DE LA HERRAMIENTA.....	84
4.3	IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE HOLT WINTERS	91
CAPITULO V		96
VALIDACIÓN		96
5.1	VARIABLE DEPENDIENTE	96
5.2	POR EXPERTOS.....	96
5.3	PERFIL DE EXPERTOS.....	97
5.5	MOSTRAR RESULTADOS	99
CONCLUSIONES		110
PROPUESTA DE VALOR Y VALOR CIENTIFICO AGREGADO		111
RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS		111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		112

ANEXO A.....	115
CUESTIONARIO	115
ANEXO B.....	118
COMENTARIOS REPRESENTATIVOS DE ENCUESTAS	118
ANEXO C.....	119
CODIGO FUENTE DE ALGORITOMOS REPRESENTATIVOS	119



TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1 : Promedio Simple.....	27
Ecuación 2: Media Móvil Simple	27
Ecuación 3: Media Móvil Ponderada.....	28
Ecuación 4 : Fórmula resumida del suavizado exponencial	28
Ecuación 5: Fórmula genérica del suavizado exponencial	28
Ecuación 6 : Pronóstico del periodo siguiente	33
Ecuación 7 : Holt-Winters, Constante	35
Ecuación 8 Holt-Winters, Tendencia.....	35
Ecuación 9 Holt-Winters, Estacionalidad	36
Ecuación 10 : Pronóstico	36
Ecuación 11 : modelo para proceso de tendencia lineal	37
Ecuación 12 : MAD	55
Ecuación 13 Valor Inicial de la constante Holt-Winters	93
Ecuación 14 Valor Inicial de la Tendencia Holt-Winters.....	93
Ecuación 15 Valor Inicial de la Estacionalidad Holt-Winters	93

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Suavizado exponencial de primer orden	28
Ilustración 2 Alisamiento de Alfa	30
Ilustración 3 Componentes de la demanda	32
Ilustración 4 Pronóstico del periodo siguiente	33
Ilustración 5 Diagrama de clústeres	41
Ilustración 6 : Ejemplo de clústeres	42
Ilustración 7 Clústeres de 3 grupos	44
Ilustración 8 Cuadro Solver	50
Ilustración 9 Opciones de Solver	54
Ilustración 10 DCU-00001	65
Ilustración 11 DCU-00002	66
Ilustración 12 Diagrama Secuencia Ingreso al sistema	67
Ilustración 13 Diagrama Secuencia – Limpieza de memoria	68
Ilustración 14 Diagrama Secuencia-Consolidación	69
Ilustración 15 Diagrama Secuencia-Análisis de Series	70
Ilustración 16 Diagrama Secuencia K-means Selections	71
Ilustración 17 Diagrama secuencia – Menú Pronosticar	72
Ilustración 18 Diagrama Secuencia Graficar	73
Ilustración 19 : Diagrama Clases Diagrama de clases 1 	74
Ilustración 20 Diagrama de Clases Principales clases 2	74
Ilustración 21 Diagrama de clases principales clases 3	75
Ilustración 22 Diagrama de clases Principales clases 4	76
Ilustración 23 Vista Principal-Ingreso al sistema	80
Ilustración 24 Interfaz Sistema Menú Principal	80
Ilustración 25 Interfaz de consolidación y clasificación	81

Ilustración 26 Interfaz de categorías	82
Ilustración 27 Resultados de pronósticos.....	83
Ilustración 28 Interfaz de Gráficos	83
Ilustración 29 Centro de confianza de Macros	84
Ilustración 30 Librerías deVBA-Project	85
Ilustración 31 Solver.xlam	86
Ilustración 32 Parámetros Solver	87
Ilustración 33 Diagrama de configuración de intercambio de datos.....	88
Ilustración 34 Diagrama de intercambio ERP-Access.....	88
Ilustración 35 Interfaz de Databroker	89
Ilustración 36 Interfaz de intercambio de Datos ERP BD	90
Ilustración 37 Cadena de conexión.....	91
Ilustración 38 clase cProno clase e importación	95
Ilustración 39 Gráficos de los resultados Dinámicos.....	100
Ilustración 40 Gráfico de resultados Flexibles.....	101
Ilustración 41 Gráficos de resultado de indicador Legibles.....	102
Ilustración 42 Gráficos de resultados de indicador eficiente	104
Ilustración 43 Inventario vs Ventas	105
Ilustración 44 Inventario vs Facturación.....	106
Ilustración 45 Evolución de inventarios	106
Ilustración 46 Indicadores clave para el cálculo de exactitud de los pronósticos.....	108
Ilustración 47 : Indicadores clave para el cálculo accuracy de pronósticos	109

TABLA DE ESTADISTICAS DE INDICADORES

Tabla 1 Toma de datos del indicador Dinámico	99
Tabla 2 Toma de datos del indicador Flexible.....	101
Tabla 3 Toma de datos del indicador Legible.....	102
Tabla 4 Toma de datos del indicador Eficiente	103
Tabla 5 Unidades de ventas de salados y galletas en promedio	105
Tabla 6 Promedio de ventas	106



RESUMEN

Mediante este trabajo se pretende implementar una herramienta para la imputación y análisis de series de tiempo en la venta de productos de consumo perecible, especialmente en el Perú pudiendo extenderse a Latinoamérica. La metodología adoptada por la herramienta es la de Holt Winters extendido para intervalos de tiempo irregularmente espaciados, que fue seleccionada por dos razones principales: 1) los productos presentan tendencia y son estacionales y 2) la fácil implementación y rapidez en la obtención de los resultados.

Realizando ciertas pruebas en las que se suprimía aleatoriamente una cantidad determinada de observaciones, que inclusive podría alcanzar casi el 50% de las totales, los modelos con estacionalidad de tipo aditivo o de tipo multiplicativo, los resultados conllevan a que el implementar el modelo Holt Winters, por lo general arrojará imputaciones más confiables y robustas, pero en ciertos sucesos inesperados (intervenciones) se tendrá bastantes dificultades las cuales se mencionarán en los resultados.

La metodología por ser potente, y para aprovechar los potentes recursos que tiene Office-Excel junto a la plataforma de Visual Basic que Excel nos permite utilizar y el fácil acceso por parte de Excel hacia el ERP de donde proviene la información, es que se implementó tal metodología con macros de VBA.

ABSTRACT

Through this present work is to implement a tool for imputation and analysis of time series in the sale of perishable consumption, especially in Peru being extended to Latin America. The methodology adopted by the tool is to Holt-Winters extended to intervals irregularly spaced time, which was selected for two main reasons: 1) products present trend and are seasonal and 2) easy implementation and speed in obtaining results.

Performing certain tests that were deleted randomly a given number of observations, which could even reach almost 50 % of the total, models with additive seasonality or multiplicative type. The results lead to the implementation of the model Holt Winters usually shed more reliable and robust complaints, but in some unexpected events (interventions) it will have problems, and those will show up at the tool's validation.

The methodology to be powerful , and to take advantage of the powerful resources that has Office -Excel with Visual Basic platform that allows us to use Excel and easy access from Excel to the ERP from which the information is to be implemented this methodology with VBA macros.

INTRODUCCIÓN

Excel es una herramienta muy conocida y ampliamente usada sin embargo no es explotada en su totalidad para el desarrollo ágil de sistemas de información que gracias a la base de conocimientos creada por la experticia de los usuarios finales, convierte las tareas de automatización y codificación de los programas a través de las macros en potentes robots de cálculo, ayudando así a la creación temprana de programas funcionales solicitados por los usuarios. Es por ello que el presente trabajo de investigación y al mismo tiempo de desarrollo es que genera una herramienta basada en Macros de Excel y en la plataforma de VBA (Visual Basic Applications), la herramienta está desarrollada utilizando diferentes metodologías estadísticas para el cálculo de los pronósticos, las cuales en conjunción ofrecen una herramienta confiable, rápida, barata, de uso recursivo, genérica, flexible, editable, y dinámica,

El presente informe de tesis se divide en cinco capítulos, el primer capítulo describe el planteamiento teórico, es decir el título, la descripción del problema, su justificación, hipótesis, objetivos generales y específicos, variables dependientes e independientes, indicadores, etc. El segundo capítulo nos muestra el marco teórico donde encontraremos el estado del arte, los pronósticos en las operaciones, los clústeres con K-Means, programando en VBA, complemento Solver, MSE y MAD. El tercer capítulo nos habla de la ingeniería del producto tanto requerimientos funcionales y los no funcionales, El capítulo cuatro está conformado por la implementación, aquí se muestra el producto, y la configuración de las interfaces. En el capítulo cinco finalmente se encuentra la validación de resultados, seguido de las conclusiones y referencias bibliográficas.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEORICO

1.1. TÍTULO

Desarrollo de herramienta para la planeación de la demanda para empresas distribuidoras de productos utilizando k-Means y Holt-Winters

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad dentro del proceso de planeación de la demanda, específicamente hablando del pronóstico de compras, se resuelve utilizando métodos estadísticos y/o de inteligencia artificial, pero al observar los distintos tipos de información y la experiencia, dictan que, no todos deben ser tratados con los mismos métodos de pronóstico, y más aún queda las interrogantes ¿Qué herramienta uso? ¿Cómo se elige el mejor resultado arrojados por el abanico de métodos que existen?, ¿Existen herramientas que permitan obtener los pronósticos de forma sencilla, eficiente, sin costosas licencias, sin la contratación de profesionales eruditos en determinados paquetes de software?, por otro lado está el factor humano, el comportamiento humano en los pronósticos también es un factor determinante, muchas empresas, probablemente la mayoría, utilizan para la planificación de la Producción, y abastecimiento pronósticos de carácter intuitivo. Uno de los problemas para la implantación de modelos de pronóstico radica en llegar a convencer al pronosticador intuitivo en que lo haría mucho mejor si contara con un modelo.

Normalmente se sabe poco sobre la eficacia relativa de la predicción hecha de manera intuitiva.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la gestión de la planeación de la demanda-pronóstico de compras, muchas veces se plantean soluciones costosas, como implantar un software de empresas de renombre, sin embargo al realizar distintas pruebas en dichos aplicativos, se puede percatar que todos ofrecen soluciones aproximadas y en algunos casos distintas, y por otro lado te presentan un abanico de métodos de cálculo y soluciones, quedando el usuario como elector de dichos métodos, y si el usuario no tiene los conocimientos necesarios, quedará perdido en un mar de dudas.

Como se mencionó en la descripción del problema, el comportamiento humano también es un factor determinante, sin embargo, es posible, proporcionar un enfoque estructurado para abstraer esta área del comportamiento humano al analizar algunos de las casuísticas que intervienen. Un pronóstico es la culminación de un proceso que consta de diversas etapas, las que incluyen la búsqueda de la información y el procesamiento de la misma. Su resultado es la inferencia o inferencias sobre el futuro, basadas en cada uno de los modelos de los datos históricos que se presentan al pronosticador.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. ALCANCES

- A. El alcance es para productos alimenticios de alta rotación.
- B. Producto: Macro Familia, Familia e Item (SKU), para productos acabados en alimentos.
- C. Horizonte: Año, Mes, Semana

1.4.2. LIMITACIONES

- A. La herramienta propuesta se ve severamente afectada por:
- Factores externos, como cambios de políticas gubernamentales, o cambios en el clima económico de la región.
 - Recesión económica que afecten la estacionalidad.
- B. Se excluyen la categoría de productos acabado en bebidas.
- C. Se excluyen también el horizonte temporal diario.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Es probable que usando el método de Holt-Winters y K-means se pueda desarrollar una herramienta dinámica, flexible, legible y eficaz para obtener mejoras en la planeación de la demanda y ahorros importantes.

1.6. ÁREA CIENTÍFICA A LA QUE CORRESPONDE EL PROBLEMA

- A. **Área:** Ingeniería de Software
- B. **Línea:** Proceso de desarrollo de Software

1.7. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

- A. **Tipo:** Investigación aplicada porque se deberá aplicar conceptos teóricos a problemas de la realidad de manera práctica, ya que se cuenta con las personas que poseen el conocimiento sobre la forma de cómo se construye este software dentro del desarrollo de sistemas computacionales.
- B. **Nivel:** Experimental, porque los resultados de la experimentación a través del prototipo, a desarrollar, nos ayudara a demostrar la validez del mismo, tomando en cuenta los indicadores anteriormente señalados.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una herramienta utilizando Holt-Winters y K-means apoyado con diferentes métodos la cual sea dinámica, flexible, legible y eficaz de pronóstico de la demanda y que permita optimizar la planeación de la demanda.

1.8.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Analizar métodos de planeación de la demanda y su pronóstico para optimizarlos usando MSE (Error cuadrático medio), DMA (Desviación media absoluta), complemento Solver y lograr la eficacia y eficiencia tanto en el uso de recursos como en el cálculo de los pronósticos.
- Implementar herramienta dinámica y flexible para la planeación de la demanda y pronóstico de compras con los métodos analizados en el punto anterior.
- Generar una interfaz amigable y legible que permita visualizar la información resultado de las distintas metodologías aplicadas.

1.9. VARIABLES

1.9.1. VARIABLES INDEPENDIENTES:

- K-Means
- Holt Winters

1.9.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Herramienta para la planeación de la Demanda en el pronóstico del aprovisionamiento de compras y operaciones.

1.10. INDICADORES

1.10.1. DINÁMICO:

Debido a la corta vida de los productos y donde su ciclo de vida es tan continuo, se necesitan herramientas dinámicas que se autoajusten las necesidades cambiantes del ciclo de vida de los distintos productos, la herramienta propuesta es dinámica ya que permite entrada y salida de distintos artículos.

1.10.2. FLEXIBLE:

La herramienta permite seguir trabajando con cálculos y es totalmente reprogramable de acuerdo a las nuevas necesidades que surgen en la evolución de los productos.

1.10.3. LEGIBLE:

Un factor importante para las herramientas de hoy tiene que ser su legibilidad, y aprovechando la potencialidad que tienen las hojas de cálculo, es que los pronósticos elaborados por la herramienta propuesta que brinda una fácil navegabilidad y lectura de la información provista.

1.10.4. EFICIENCIA:

En la actualidad y en las empresas de hoy utilizar la menor cantidad de recursos, tiempo y dinero para la previsión de la demanda de forma exacta es un factor no solo es importante sino crítico para el éxito de las operaciones y la eficiencia de los procesos. Con la herramienta propuesta los recursos de tiempo de los Demand Planners serán aprovechados en la generación de las previsiones.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ESTADO DEL ARTE

No se encontró antecedentes en las bibliotecas de la Universidad Católica Santa María, sin embargo investigación referida se encontró en la UPC estadística Operativa, en el departamento de Matemática Aplicada, Estadística e Investigación Operativa en la Universidad del País Vasco,

Los nuevos conceptos en el planeamiento y previsión de la demanda exigen que las empresas de hoy terminen comprando costosas licencias de programas estándares que les permiten realizar cálculos de pronósticos, sin embargo son productos estándares que muchas veces no se adecuan a las necesidades reales de la empresa, la empresa en la que se implementó ésta herramienta antes de 30 de junio del 2013 no contaba ni con un modelo de gestión de previsión de demanda y tampoco contaba con una herramienta que generara los pronósticos, y los pronósticos se realizaban con promedios simples y de forma manual a cargo del Demand Planner.

Sabiendo que no se deseaba comprar una herramienta de software debido a que la empresa no estaba dispuesta a pagar o invertir en licencias corporativas, además conociendo que de los conocimientos que los usuarios finales (Demand Planner, Manager Planner) es que se decantó por usar Macros de Excel y algoritmos de uso recursivo y de aprendizaje no supervisado.

Además en la búsqueda de un modelo eficaz y sencillo y de alto grado de certidumbre se intentó utilizar el modelo ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), también conocido como el modelo de Box-Jenkins que juega un papel importante en el campo de las series temporales. Es capaz de recoger la tendencia y la estacionalidad de los datos pero, a diferencia del método de Holt-Winters y de los modelos estructurales, su filosofía no se basa en la descomposición de las series en tales factores.

Desafortunadamente, es muy común encontrar series no estacionarias a las que no se les puede ajustar directamente un modelo ARMA. No obstante, existen maneras de convertir en estacionaria una serie que no lo es. Si el problema es que la serie presenta heterocedasticidad, es decir, las oscilaciones alrededor de la media no son semejantes en distintos momentos de tiempo, la toma de logaritmos suele ser una solución satisfactoria. En efecto, el tomar logaritmos tiene la importante propiedad de disminuir la variabilidad de la serie manteniendo su patrón de comportamiento. Por supuesto, existen otro tipo de transformaciones que reducen la heterocedasticidad pero, sin duda, el logaritmo es la más utilizada. Otra causa de no estacionalidad es que la serie tenga tendencia. En tal caso, conviene diferenciar la serie tantas veces como haga falta hasta conseguir que la media sea constante.

En la mayoría de los casos una o dos diferenciaciones suelen ser suficientes. Una vez que la serie haya sido transformada y/o diferenciada hasta conseguir que sea estacionaria, ya se le puede ajustar un modelo ARMA ($p; q$). Pues bien, un modelo ARIMA ($p; d; q$) no es más que un modelo ARMA ($p; q$) aplicado a una serie que ha sido diferenciada d veces para eliminar la tendencia.

Si, además, los datos presentan estacionalidad, no sólo habrá que modelar la parte regular (no estacional) sino que habrá que tratar también la componente estacional. Debemos tener en cuenta que esta última también puede presentar tendencia y que, por lo tanto, la serie puede precisar una o varias diferenciaciones de orden estacional.

Uno de los pasos más importantes al ajustar un modelo ARIMA($p; d; q$)($P; D; Q$)_s es la selección de los órdenes p, q, P y Q . Habitualmente, la elección se realiza examinando con detenimiento las funciones de auto-correlación (ACF) y auto-

correlación parcial (PACF) y detectando para qué retardos estas funciones toman valores significativamente distintos de cero. El mayor inconveniente de este procedimiento es que requiere la participación del analista. Recordemos que el objetivo de este proyecto es desarrollar un método de previsión para todos los productos de una gran cadena de supermercados e hipermercados, por lo que serán miles las series a tratar. Está claro que en casos como éste la participación del analista debe ser mínima y la elección de los órdenes se tiene que hacer de forma automática, sin recurrir al estudio detallado de las gráficas del ACF y del PACF, por lo tanto no me resultó conveniente utilizar ARIMA.

Por otro lado, se para el presente trabajo ya se está estudiando el Modelo Estructural Básico (BSM) – Filtro Kalman para trabajar como complemento del algoritmo Holt-Winters. El filtro de Kalman también es un filtro recursivo de predicción que se basa en el uso de técnicas de espacio de estado y los algoritmos recursivos. Por su parte, el filtro de Kalman consiste en un conjunto de ecuaciones que proveen una solución recursiva óptima, por el método de mínimos cuadrados, para un sistema dinámico lineal. [LRMFKA]

Entre sus ventajas tenemos que evitar la influencia de posibles cambios estructurales en la estimación. La estimación recursiva parte de una muestra inicial y actualiza las estimaciones incorporando sucesivamente una nueva observación hasta cubrir la totalidad de los datos. Lo anterior lleva a que la estimación más reciente de los coeficientes este afectada por la historia lejana de la serie, lo cual en presencia de cambios estructurales podría sesgarla. Este sesgo se puede corregir con las estimaciones secuenciales pero al costo de un mayor error estándar. Así el filtro de Kalman, como los métodos recursivos, utiliza toda la historia de la serie pero con la ventaja de que intenta estimar una trayectoria estocástica de los coeficientes en lugar de una determinística, con lo cual soluciona el posible sesgo de la estimación ante la presencia de cambios estructurales. El filtro de Kalman utiliza el método de mínimos cuadrados para generar recursivamente un estimador del estado al momento k , que es lineal, in-sesgado y de varianza mínima. El filtro está en línea con el teorema de Gauss-Markov y esto le da al filtro de Kalman su enorme poder, para resolver un amplio rango de problemas en inferencia estadística. El filtro se distingue por su habilidad para predecir el estado de un modelo en el pasado, presente y futuro, aun

cuando la naturaleza precisa del sistema modelado es desconocida. La modelación dinámica de un sistema es una de las características claves que distingue el método de Kalman. Los modelos lineales dinámicos son modelos con una transición lineal desde un periodo al próximo, los cuales pueden describir la mayoría de los modelos comúnmente utilizados en trabajos de series de tiempo.

Entre las desventajas del filtro se menciona que requiere condiciones iniciales de la media y varianza del vector estado para iniciar el algoritmo recursivo. Sobre la forma de determinar estas condiciones iniciales no existe consenso. Por ejemplo, en un enfoque bayesiano este filtro requiere que se especifiquen a priori valores de los coeficientes iniciales y de sus respectivas varianzas. Una forma puede ser obtener esa información a partir de la estimación de un modelo similar al deseado pero con coeficientes fijos para un sub-periodo muestral. Por otra parte, es necesario especificar las varianzas para lo cual Doan, Litterman y Sims (1984) sugieren varianzas muy pequeñas y proporcionales en relación con las obtenidas para los coeficientes iniciales. El desarrollo del filtro de Kalman, tal como se encuentra en el documento original, supone un conocimiento amplio en teoría de probabilidades, específicamente con el tema de la condicionalidad gaussina en las variables aleatorias, lo cual puede originar una limitante para su estudio y aplicación. Cuando se desarrolla para modelos auto-regresivos los resultados están condicionados a la información pasada de la variable en cuestión. En este sentido el pronóstico con series de tiempo representa la fuerza o inercia que actualmente presenta el sistema y son eficientes únicamente en el corto plazo.

Por otro lado están las redes neuronales[JCD001], y una de sus limitaciones para alcanzar el uso generalizado es el establecimiento de la arquitectura de red, siendo su punto crítico en el diseño del modelo de la red las entradas o retrasos de la serie, terminando muchas veces de solicitar asistencia al modelo ARIMA u otros modelos como pre-procesamiento a través de artificios logarítmicos para evitar este problema[HLSM02], sumado a esto está la no practicidad de entrenar las redes neuronales cada vez que el computador se apague, a menos que se haga algún artificio en el software, lo cual también es posible.

Con esto no estoy tratando de decir cual forma o método es mejor o peor que otro, simplemente se estudia el estado actual y para el presente trabajo según los

requerimientos no funcionales solicitados es que terminó por decantar en Holt-Winters[MMLFT4], por su practicidad, recursividad, alta asertividad y eficiencia.

2.2 LOS PRONÓSTICOS EN LAS OPERACIONES

Como ya se ha dicho, la planeación de la producción está concentrada con el desarrollo específico de la acción que ejecutará el sistema de producción, a través del tiempo. En términos generales, esto obliga a hacer pronósticos para seleccionar la mayor combinación de recursos humanos, materiales y maquinaria para producir la demanda requerida eficientemente. En términos específicos, la cantidad de unidades de producción máxima que satisfaga los requerimientos impuestos por la demanda.

2.2.1. DEFINICIONES DE PRONÓSTICO Y PREDICCIÓN

A. Pronóstico es la estimación de un acontecimiento futuro que se obtiene proyectando datos del pasado que se combinan sistemáticamente, o sea que requieren técnicas estadísticas y de la ciencia administrativa.

B. Predicción es la estimación de un acontecimiento futuro que se basa en consideraciones subjetivas, diferentes a los simples datos provenientes del pasado, las cuales no necesariamente deben combinarse de una manera predeterminada, es decir se basan en la habilidad, experiencia y buen juicio de las personas.

2.2.2. MÉTODOS DE SERIES DE TIEMPO.

Estos modelos usan los métodos de series de tiempo. "Una serie de tiempo es simplemente una lista cronológica de datos históricos, para la que la suposición esencial es que la historia predice el futuro de manera razonable." Existen varios modelos y métodos de series de tiempo entre los cuales elegir y que incluyen los modelos constante, de tendencia y estacional, dependiendo de los datos históricos y de la comprensión del proceso fundamental. Para cada modelo, se cuenta con varios métodos de pronóstico, que incluyen promedios, promedios móviles, suavizado exponencial, regresión y tal vez combinaciones de todos estos. Hay diversas formas de calcular un promedio para que sirva como pronóstico. [EMMPRL]

A. Promedio Simple

Aquí, todas las demandas de los períodos anteriores tienen el mismo peso relativo. El promedio hace que las demandas elevadas tiendan a ser equilibradas por las demandas bajas de otros períodos, reduciendo las posibilidades de error que se podrían cometer al dejarse llevar por fluctuaciones aleatorias que pueden ocurrir en un período [CFMMS1]. Se calcula así:

$$P = (d_1 + d_2 + \dots + d_k) / k$$

Ecuación 1 : Promedio Simple

En donde, d_i , $i = 1$ hasta k , es la demanda de todos los períodos anteriores $k =$ número de períodos.

B. Media Móvil Simple

Combina los datos de demanda de la mayor parte de los períodos recientes, siendo su promedio el pronóstico para el período siguiente. El promedio se “mueve” en el tiempo, en el sentido de que, al transcurrir un período, la demanda del período más antiguo se descarta y se agrega, en su reemplazo, la demanda para el período más reciente, superando así la principal limitación del modelo del promedio simple. Se calcula así:

$$MMS = \sum D_t / n$$

Ecuación 2: Media Móvil Simple

En donde: D_t es la demanda de cada uno de los n períodos anteriores “ t ” va desde 1 hasta “ n ” períodos
Hay que tener cuidado en la elección de número “ n ”.

C. Media móvil ponderada

Se aplica cuando no se quiere que todos los “ n ” períodos tengan el mismo peso, es decir permite asignar un peso desigual a la demanda en función de la importancia que le concede el analista. [EMMPRL]

$$MMP = \sum C_t * D_t$$

Ecuación 3: Media Móvil Ponderada

Dónde: $\sum C_t = 1$
y $0 \leq C_t \leq 1$

Se tiene que escoger con mucho criterio los valores de los coeficientes pues de ello depende el éxito del modelo. [MMP001]

D. Suavizado exponencial

La APICS ha recomendado el uso de esta técnica para sus asociados. Se distingue porque da pesos de manera exponencial a cada una de las demandas anteriores a efectos de calcular el promedio. La demanda de los períodos más recientes recibe un peso mayor; los pesos de los períodos sucesivamente anteriores decaen de una manera no lineal (exponencial).

E. Suavizado exponencial de primer orden

El cálculo correspondiente requiere de 2 datos: el primero es la demanda real del período más reciente y el segundo es el pronóstico más reciente obtenido por cualquier otro método. A medida que termina cada período se realiza un nuevo pronóstico; [GGDFE7] Entonces

$$\text{Pronóstico de la demanda del período siguiente} = \alpha \left[\begin{array}{c} \text{demanda} \\ \text{más} \\ \text{reciente} \end{array} \right] + (1 - \alpha) \left[\begin{array}{c} \text{pronóstico} \\ \text{más} \\ \text{reciente} \end{array} \right]$$

Ilustración 1 Suavizado exponencial de primer orden

Fuente: elaboración propia

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha) F_{t-1}$$

Ecuación 4 : Fórmula resumida del suavizado exponencial

Se llama exponencial este método porque, si se lo aplica para varios períodos en forma sucesiva, se puede obtener una fórmula como la siguiente:

$$F_t = \alpha(1 - \alpha)^0 D_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^1 D_{t-2} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{t-3} + (1 - \alpha)^3 F_{t-3}$$

Ecuación 5: Fórmula genérica del suavizado exponencial

Como $0 \leq \alpha \leq 1$, los coeficiente de las D son cada vez menores, es decir decrecen en un porcentaje constante en cada uno de los período hacia el pasado.

a. Selección del coeficiente de suavización

Así como sucede con otros modelos de pronóstico estadístico, en el suavizado exponencial se tiene el problema de selección de los valores de los parámetros, lo que significa que es necesario ajustar el modelo a los datos. Para empezar con el pronóstico es necesario tener un buen cálculo derivado de algún otro método, lo que se denomina pronóstico inicial o de arranque. De la misma manera, es necesario seleccionar un coeficiente de suavización α . Esta selección es crítica. Como lo muestra la ecuación (6), un valor elevado de α da un gran peso a la demanda más reciente, y un valor bajo de α da un peso menor a la demanda más reciente.

Un elevado coeficiente de suavización sería más adecuado para los nuevos productos o para casos para los que la demanda subyacente está en proceso de cambio (esta es dinámica, o bien inestable). Un valor de α de 0.7, 0.8 o 0.9 puede resultar el más apropiado para estas condiciones, aun cuando el uso del suavizado exponencial es cuestionable si no se sabe si existen o no condiciones de inestabilidad.

Si la demanda es muy estable y se piensa que pueda ser representativa del futuro, el pronosticador podrá optar por un valor bajo de α para disminuir cualquier ruido que hubiera podido presentarse en forma súbita.

Entonces, el procedimiento de pronóstico no reacciona de una manera drástica a las demandas más recientes. En estas condiciones de estabilidad, el coeficiente de suavización podría ser de 0.1, 0.2, o 0.3.

Cuando la demanda es ligeramente inestable, coeficientes de suavización de 0.4, 0.5 o 0.6, pueden proporcionar los pronósticos más precisos.

La siguiente figura ilustra el resultado de un pronóstico para dos distintos coeficientes de suavización para series inestables de demanda. El modelo de suavizado exponencial con el volumen mayor de α da mejores resultados; se adapta de una manera más rápida al cambio de la demanda en el periodo 6 que el modelo en el que se tomó el valor más bajo de α .

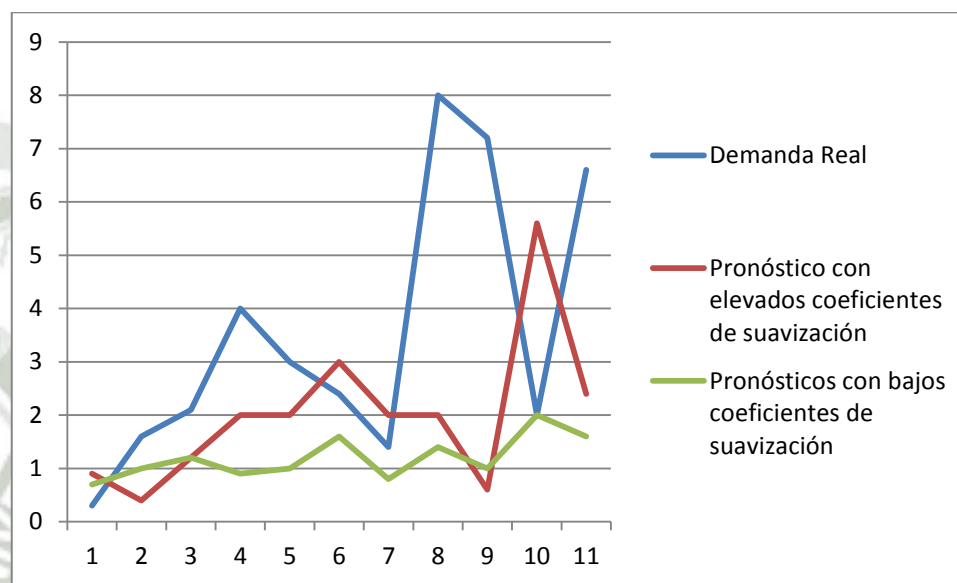


Ilustración 2 Alisamiento de Alfa

Fuente: elaboración propia

b. Ventajas

El suavizado exponencial simple y los otros modelos de suavizado exponencial que proporcionan de una manera económica pronósticos "rápidos y fáciles", comparten las siguientes ventajas:

- Requieren muy pocos datos históricos. Para actualizar el pronóstico de un período al siguiente sólo se necesita α , la demanda del último periodo y el pronóstico del último periodo. Es necesario recordar que este modelo incorpora en el nuevo pronóstico todas las demandas anteriores.
- Este modelo es eficaz, sencillo y fácil de entender.

- Se puede computarizar para familias de productos, sus partes, o sus elementos
- Sirve en los sectores de manufactura y de servicios.

c. Selección de parámetros de pronósticos y comparación de los modelos

El procedimiento para seleccionar parámetros para los pronósticos incluye los siguientes cinco pasos; el quinto paso se emplea en la comparación y en la selección de los modelos.

1. Distribuir los datos disponibles en dos subconjuntos, uno para ajustar los parámetros (conjunto "prueba") y el otro para realizar el pronóstico.

2- Seleccionar una medida del error que permita evaluar la precisión del pronóstico de los parámetros que se desean probar. Tanto la DMA (Desviación Media Absoluta) como el sesgo son útiles para medir el error.

3. Elegir ciertos valores de α para que sean evaluados. Emplear uno de los valores de α , aplicado al modelo de pronóstico en el conjunto de los datos de prueba y registrar los errores resultantes del pronóstico. Posteriormente, seleccionar un nuevo valor de α y repetir el proceso. Este proceso se continúa hasta que hayan sido probados valores representativos de α dentro de la gama de valores existentes.

4. Elegir el valor de α que dio como resultado el error de pronóstico más pequeño al aplicarlo en el conjunto de datos de prueba. El modelo está listo para ajustar los valores de la demanda.

5. Realizar el pronóstico con el modelo exponencial (o de media móvil) que se empleó en los datos de prueba, con el resto de los datos. Estos datos también se pueden usar para comparar modelos

alternativos que se hayan implementado previamente con los datos representativos de la demanda.

Si el propósito no es comparar los modelos, no es necesario distribuir los datos; todos los datos pueden ser usados como prueba en los pasos 1 a 4.

Quienes estén familiarizados con la programación por computadora pueden visualizar cómo el uso de las computadoras puede acelerar las operaciones de llevar a cabo este procedimiento.

d. Incorporación de los componentes de tendencia y los estacionales.

Los modelos de suavizado exponencial así como los modelos basados en medias móviles, pueden ser modificados para que se puedan incorporar componentes de tendencias y estacionales. En los métodos vistos anteriormente, se ha estado pronosticando toda la serie de tiempo como si sólo tuviera un componente constante (figura siguiente). Si existe una tendencia es posible pronosticar exponencialmente el componente de esa tendencia. Luego se realizaría un pronóstico compuesto superponiendo la tendencia constante y la estacionalidad.

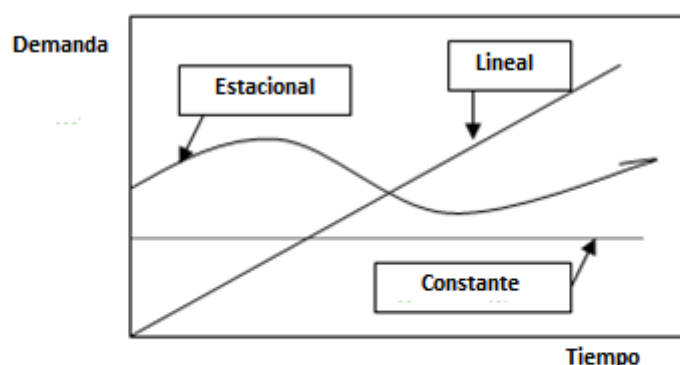


Ilustración 3 Componentes de la demanda

Fuente: Ref. Bibliográfica [JCD001]

Por ejemplo, un pronóstico constante de 1,050 unidades podría ser ajustado para una tendencia positiva que hubiera sido pronosticada exponencialmente en 100 unidades. Este total, al ser sumado con el pronóstico del periodo siguiente (1,150 unidades) podría ser ajustado posteriormente con un factor temporal de pronóstico exponencialmente multiplicativo. Supóngase que el pronóstico estacional es solamente de 90 por ciento debido a una caída natural (temporal). El pronóstico compuesto resultante es de 1,035 unidades (90 por ciento de 1,150).

Se dispone de fórmulas para modelos tales como este modelo de suavizado exponencial con una tendencia aditiva y factores temporales de carácter multiplicativo.

F. Doble suavizado exponencial

El doble suavizado exponencial tiende a suavizar el ruido en series de demanda estables. El modelo es directo; suaviza el pronóstico obtenido con un modelo de suavizado exponencial de primer orden y el pronóstico obtenido mediante un modelo de suavizado exponencial doble.

$$\text{Pronóstico del período siguiente} = \alpha \left\{ \begin{array}{l} \text{Pronóstico del} \\ \text{período} \\ \text{siguiente por} \\ \text{suavizado} \\ \text{exponencial} \\ \text{de primer orden} \end{array} \right\} + (1-\alpha) \left\{ \begin{array}{l} \text{Pronóstico} \\ \text{más reciente} \\ \text{por suavizado} \\ \text{exponencial} \\ \text{doble} \end{array} \right\}$$

Ilustración 4 Pronóstico del periodo siguiente

Fuente: elaboración propia

$$FD_t = \alpha F_t + (1 - \alpha) FD_{t-1}$$

Ecuación 6 : Pronóstico del periodo siguiente

Observe que F_t es el suavizado exponencial de primer orden y que debe ser calculado, aplicando la fórmula (5), antes de encontrar FD_{t-1}

G. Modelo de Holt-Winters

El método de Holt-Winters forma parte de la familia de técnicas de alisado exponencial y está indicado para aquellas series que presentan tendencia, constante y estacionalidad. En este tipo de técnicas se hace uso de datos históricos para obtener una nueva serie más suave a partir de la cual se hace la previsión. Se toman en consideración todos los datos previos al periodo de previsión disponibles, aunque se les otorgan pesos decrecientes exponencialmente a medida que se distancian de dicho periodo. [FEHWT3]

Una de las ventajas del alisado exponencial radica en que se define mediante recurrencias muy simples, de manera que se facilitan los cálculos y se reducen los requerimientos de almacenamiento de datos, lo cual cobra mucha importancia cuando se trabaja con un volumen de series elevado.

Las técnicas de alisado exponencial se basan en la actualización, para cada periodo, de hasta tres parámetros:

- nivel medio (alisado simple)
- nivel medio y tendencia (método de Holt)
- nivel medio, tendencia y estacionalidad (método de Holt-Winters)

En la descripción de los datos vemos que nuestras series pueden contener tanto tendencia como estacionalidad. Por eso, nos hemos decantado por tratarlas con el método de Holt-Winters. No obstante, Gardner y Dannenbring [GGDFE7] apuntaron que el uso de métodos que contemplan la tendencia no incrementa excesivamente el error de previsión cuando ésta no existe. Del mismo modo, Groff [GKECM8] indicó que la inclusión de un término estacional sólo reduce levemente la precisión de la predicción cuando esta componente no está presente en realidad.

a. Formulación

El método de Holt-Winters tiene dos variantes en función de si la serie ante la que nos encontramos presenta un esquema aditivo o multiplicativo. En el apartado de análisis de datos veremos que todas nuestras series siguen un patrón multiplicativo, por lo que únicamente desarrollaremos la formulación correspondiente a ese caso.

Para comenzar vamos a aclarar la notación que utilizaremos.

Donde:

y_t ventas registradas en el periodo t

$\bar{y}_{t+k|t}$ previsión de ventas para el periodo $T + k$ basada en datos hasta t .

L_t nivel medio desestacionalizado de la serie en el periodo t

T_t tendencia de la serie en el periodo t , es decir, incremento o decremento del nivel medio desestacionalizado durante un periodo

S_t componente estacional en el periodo t

Cuando se dispone de una nueva observación los tres términos que intervienen (L_t , T_t y S_t) se actualizan de forma iterativa mediante alisado exponencial. Las ecuaciones de actualización son las siguientes:

$$L_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-12}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

Ecuación 7 : Holt-Winters, Constante

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)$$

Ecuación 8 Holt-Winters, Tendencia

$$S_t = \gamma \frac{y_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-12}$$

Ecuación 9 Holt-Winters, Estacionalidad

Donde $0 < \alpha; \beta; \gamma < 1$.

La primera ecuación proporciona un valor para el nivel medio en el momento t , tomando el dato Y_t corregido de estacionalidad y combinándolo con la suma entre el nivel medio y el incremento (o decremento) esperados para el mes inmediatamente anterior.

Mediante la segunda ecuación se aproxima el valor de la tendencia en t tomando por un lado la diferencia entre los niveles medios en t y $t-1$ y, por otro, el valor de la tendencia en el periodo anterior.

Por último, la tercera ecuación combina un acercamiento al efecto estacional en el mes t , que se consigue dividiendo el valor de la serie por la estimación del nivel medio, con el valor del factor estacional del mismo periodo del año anterior. Entonces, la predicción de ventas realizada en el mes $t+k$ meses vista se calcula como

$$y_{t+k|t} = (L_t + T_t K) S_{t+k-12}$$

Ecuación 10 : Pronóstico

Antes de aplicar el método es necesario definir el valor inicial de cada una de las tres componentes, así como las constantes $\alpha; \beta; \gamma$. Abordaremos estas cuestiones en el capítulo dedicado a la implementación.

2.2.3. MÉTODOS DE DESCOMPOSICIÓN DE FACTORES DE LA DEMANDA-MODELO HOLT-WINTERS

Componentes de la demanda

La demanda es un fenómeno complejo que tiene varios componentes, constantes, estacionales y tendenciales, que interactúan de diferente manera por lo que es preciso identificarlos para entenderlos perfectamente.

Para ello, los datos numéricos históricos disponibles se grafican para observar si existe un patrón, y se usan para explicar el “análisis de datos de

una serie de tiempo”. El resultado del análisis de datos es entender el proceso que causa la demanda. Siempre habrá alguna parte inexplicable, la componente aleatoria. Sin embargo, el modelo que se va a usar será un resultado directo del proceso que se supuso.

A. Proceso Constante

Cuando el gráfico presenta una pequeña variación se dice que se tiene un proceso constante. La variación es causada por una componente aleatoria o ruido que no se puede controlar. Para un proceso en esencia constante la componente de ruido debe tener una media de cero, si no, no es ruido sino parte del proceso fundamental. Se debe tener una razón para suponer que un proceso es constante. En un horizonte corto, muchas cosas son aproximadamente constantes. Un proceso constante podemos considerarlo como una demanda promedio, esto es una tendencia central de los datos. Se pueden usar muchos de los métodos descritos anteriormente para un proceso de este tipo como el uso del último dato, un promedio de todos los datos, un promedio de los datos más recientes, los promedios que toman en cuenta todos los datos, etc.

B. Proceso con tendencia

Cuando los datos indican que el proceso no es constante sino que aumenta en forma estable, el pronóstico se determina con un modelo que incorpore esa tendencia. El componente de tendencia se refiere al crecimiento o declinación, en el largo plazo, del valor promedio de la demanda.

El modelo para un proceso con tendencia lineal está dado por

$$dt = a + bt + \epsilon t$$

Ecuación 11 : modelo para proceso de tendencia lineal

En donde **b** es la pendiente de la tendencia; **a**, representa la constante fundamental del proceso y **ϵt** el ruido aleatorio. Si **b** es positivo, el proceso crece a través del tiempo, y una **b** negativa implica un proceso que decrece. Para hacer un pronóstico, cuando existe una tendencia, es necesario estimar la constante y la pendiente.

C. Proceso estacional

Los patrones de la demanda por estación son característicos de muchas series de demanda, reflejan, por ejemplo, la estación navideña, la inactividad durante el verano y similares; son fluctuaciones que se repiten periódicamente y que, por lo regular, dependen de factores como el clima (ropa de verano), la tradición, entre otros. Un buen modelo debe considerar la porción **constante** de la demanda, la **tendencia** y la **estacionalidad**. [CCHWF5]

2.2.4. MODELO DE PREVISIÓN MENSUAL – SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICO

Se han estudiado diversos modelos de pronóstico para calcular la estimación de la demanda en la planeación y control de la producción. Ahora es necesario hacer frente a la tarea de seleccionar el mejor modelo de acuerdo con las necesidades de la empresa. ¿Cuál es el que se debe de seleccionar, y qué criterios hay que emplear para tomar la decisión? [CCTSF2]

Los criterios que tienen influencia en la selección de los modelos son el costo y la precisión (error de pronóstico), tal como son medidos por MAD y el sesgo MSE, pueden ser convertidos o transformados en términos de costos (dólares). Los costos a ser considerados en la selección de los modelos son:

- costos de implementación,
- costos del sistema y
- costos de los errores en el pronóstico.

De los tres, los costos imputables a los errores en el pronóstico son probablemente los más difíciles y complejos de evaluarse. Estos son función del ruido en la serie de tiempo, forma de la curva de demanda, longitud del horizonte de tiempo de pronóstico y forma de medición del error de pronóstico.

Diversos estudios han evaluado y comparado el desempeño de diferentes modelos. En general, cualquiera de los distintos modelos puede ser el mejor, dependiendo del patrón de la demanda, del nivel de ruido y de la

longitud del periodo de pronóstico. Casi siempre, al hacer el pronóstico, se puede tener la opción de diferentes modelos, que pueden ser buenos para cualquier tipo de demanda, cuando la selección se basa solamente en el error de pronóstico. [GKECM8]

Tal como lo señalan Makridakis y Winkier: "La combinación de los pronósticos parece ser una buena alternativa práctica cuando, como sucede a menudo, por cualquier causa, no puede ser encontrado, o identificado, un único modelo generador de la información o el mejor y más sencillo método sencillo".

2.2.5. DIMENSIONES DEL COMPORTAMIENTO HUMANO EN EL PRONÓSTICO

Para entender algunas de las dimensiones de los pronósticos es necesario tomar en consideración el comportamiento humano, por el hecho de que los pronósticos no siempre se elaboran de acuerdo con modelos estadísticos. Las personas pueden hacer pronósticos analizando, de una manera intuitiva, los datos del pasado, e intervienen, a menudo, de otras formas en el procedimiento estadístico de pronóstico. Los pronósticos generados mediante modelos no deben de seguirse a ciegas. En este sentido, sería sensato que el gerente pida que los pronósticos generados mediante modelos sean verificados por personas experimentadas en la toma de decisiones. Las posibles consecuencias en los costos deben de ser tomadas en cuenta con sumo cuidado. Al ejecutar su trabajo, quienes toman las decisiones deben tener en cuenta factores cualitativos que no se incluyen en el modelo cuantitativo, así como, también, deben emplear el modelo de pronóstico como una ayuda", sin confiar totalmente en los resultados del modelo de pronóstico. Se puede especular sobre la existencia de ciertos factores ambientales que pueden afectar estos procesos mentales así como el resultado de un pronóstico intuitivo:

Pronóstico, planeación y comportamiento Un análisis y evaluación de la excelente literatura existente sobre la materia, permite comparar muchas de las dimensiones del modelamiento y actitudes psicológicas al momento de

pronosticar, planear y tomar decisiones. Muchas limitaciones y sesgos en el procesamiento de la información, que incluyen juicios y razonamientos humanos, se aplican por igual en el pronóstico y en la planeación. Los errores que se han encontrado en los procedimientos de pronóstico incluyen la acumulación de información redundante, la falla en la búsqueda de posibles pruebas que permitan no confirmar las hipótesis realizadas, y un exceso de confianza en la emisión de juicios. Además, se ha dado una atención insuficiente a las implicaciones de numerosos estudios que muestran que el razonamiento predictivo de los seres humanos a menudo es menos confiable que el de los simples modelos cuantitativos. [CCATS3]

2.3 K-MEANS CLUSTERING

K-Means(MacQueen 1967) es uno de los más simples algoritmos de aprendizaje no supervisado que soluciona el muy conocido problema de agrupamiento. El procedimiento sigue a una forma simple y fácil de clasificar un conjunto de datos dado a través de un cierto número de clústeres (asume K clústeres) arreglados a priori. La idea principal es definir K centroides uno para cada clúster, Estos centroides deben ser colocados de una forma estratégica debido a que diferentes localizaciones causan diferentes resultados, por tal motivo la mejor opción es localizarlos tanto como sea posible lejos uno del otro, el siguiente paso es tomar cada uno de los puntos pertenecientes al conjunto de datos dado y asociarlos al centroide más cercano. Cuando ningún punto quede pendiente, el primer paso está completado y los agrupamientos previos están hechos, en éste punto se necesita recalcular K nuevos centroides como baricentros de los clústeres resultado del paso anterior. Después que tengamos estos nuevos K centroides un nuevo enlace se tiene que hacer entre los mismos puntos del conjunto de datos y el nuevo centroide más cercano. Este algoritmo se enfoca en minimizar una función objetivo, en este caso una función de error cuadrático. [AMKHC6]

La función objetivo $J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^j - c_j\|^2$ donde $\|x_i^j - c_j\|^2$ es una distancia escogida que mide entre un punto x_i^j y el cluster centro c_j es un indicador de la distancia de n puntos de datos de sus respectivos clústeres centrales.

El algoritmo está compuesto de los siguientes pasos:

1. Coloque K puntos en el espacio representado por los objetos que se están agrupando. Estos puntos representan centroides de los puntos iniciales.
2. Asignar cada objeto al grupo que tiene el centroide más cercano.
3. Cuando todos los objetos hayan sido asignados, recalcular las posiciones de los K centroides.
4. Repita el paso 2 y 3 hasta que los centroides no se muevan más. Esto produce una separación de los objetos en grupos de los cuales la métrica a ser minimizada puede ser calculada.

Aunque se puede probar que el algoritmo siempre terminará, el algoritmo no necesariamente busca la más óptima configuración correspondiente a la función objetiva mínima global, el algoritmo es también sensible a la selección aleatoria inicial de centroides centrales. El algoritmo K-Means se puede ejecutar múltiples veces para reducir éste efecto. [BTLK14]

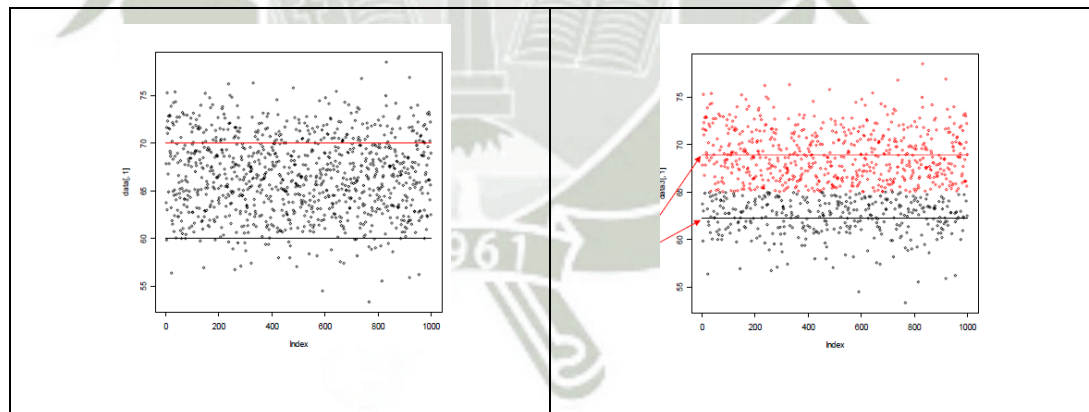


Ilustración 5 Diagrama de clústeres

Fuente: Internet-Wikipedia

K-means es un algoritmo simple que ha sido adaptado a muchos dominios de problemas.

Como ejemplo

Suponga que tenemos n vectores $x_1, x_2 \dots x_n$ todos de la misma clase, y nosotros sabemos que todos ellos caen en k compactos clústeres, $k < n$, sea m_i ser el promedio de los clústeres en el vector i , si los clústeres están bien separados podemos usar una distancia mínima clasificadora para separarlos. Esto es nosotros podemos decir que x está en el clúster i si $\|x - m_i\|$ es la mínima de todas las k distancias, esto sugiere el siguiente procedimiento para encontrar los k-means.

- Inicialice por medio de medias aleatorias $m_1, m_2, \dots m_k$
- Hasta que no haya ningún cambio en ninguna media
 - Use la media estimada para clasificarlas dentro de clústeres.
 - Para i de 1 hasta k
 - Reemplace m_i con la media de todas las muestras del clúster i
 - Fin
- Fin

Aquí hay un ejemplo de como las medias $m_1, m_2, \dots m_k$ se mueven dentro de los centro de los 2 clústeres.

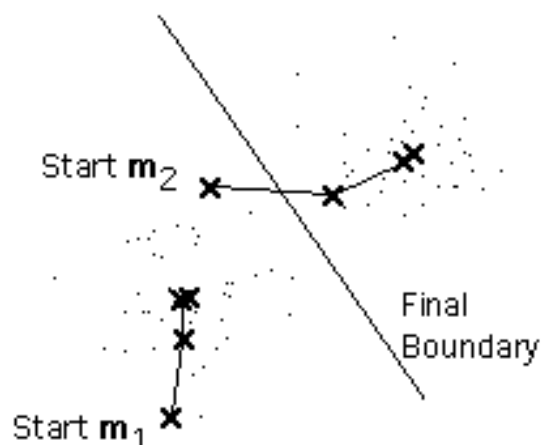


Ilustración 6 : Ejemplo de clústeres

Fuente : Internet Wikipedia

Observaciones

Ésta es una simple versión del procedimiento K-Means, puede ser visto como un algoritmo voraz, para agrupar “n” muestras dentro de k Clústeres, entonces como para minimizar la suma de las distancias cuadradas a los centros del Clúster. [TRCL15] Tiene algunas debilidades.

- La forma para inicializar las medias no ha sido especificada. Una forma popular de comenzar es aleatoriamente escoger k de las muestras.
- Los valores iniciales dependen de los valores iniciales para las medias y sucede frecuentemente que sub-óptimas particiones son encontradas. La solución estándar es intentar un número finito de puntos de partidas diferentes.
- Puede suceder que un conjunto de muestras cercanas a m_i esté vacía y m_i no pueda ser actualizada y éste es un problema que debe ser manejado en la implementación pero muchas veces termina siendo ignorado.
- Los resultados dependen de la métrica usada para medir $\|x - m_i\|$, una solución popular es normalizar cada variable por su desviación estándar, aunque ésta no es siempre deseable.
- El resultado depende del el valor de K.

Éste último problema es particularmente problemático, como nosotros a menudo no sabemos cuántos clústeres existen, En el ejemplo mostrado arriba, el mismo algoritmo aplicado a la misma información producen las siguientes 3-medias clústeres, Es mejor o peor que las 2-medias Clúster?

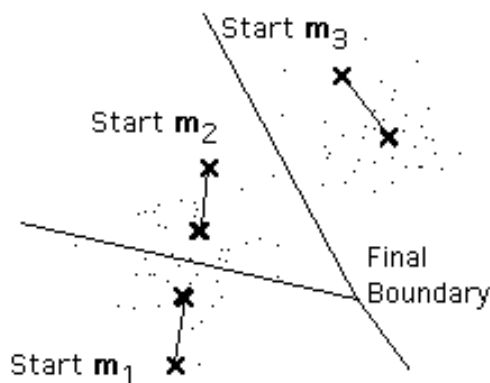


Ilustración 7 Clústeres de 3 grupos

Fuente: Internet Wikipedia

Desafortunadamente no hay solución teórica para encontrar el número óptimo de clústeres para cada conjunto de datos dado. Una simple aproximación es comparar los resultados de múltiples corridas con diferentes k clases y escoger la mejor de acuerdo al criterio de alguna necesidad puntual. Sin embargo debemos de ser cuidadosos porque incrementar los k resulta en una función de error más pequeña por definición pero también se incrementa el over-fitting [HJHS16]

2.4 MACROS EN EXCEL

Cuando hablamos de una Macro en Excel nos referimos a un lenguaje de programación orientado a aplicaciones. En este caso particular, se utiliza VBA (Visual Basic for Applications) el cual es un lenguaje de programación desarrollado por Microsoft. Excel, al igual que los otros programas de Microsoft Office incluye el lenguaje VBA.

La combinación entre la generación de un código VBA y su posterior ejecución en Excel es lo que se llama una Macro. A fin de cuentas una Macro es un programa el cual contiene un trozo de código de manera que podemos automatizar procesos que el realizarlos a mano nos pueden tomar mucho tiempo.

Otra cosa que se debe tener en cuenta es que VBA no es lo mismo que VB (Visual Basic), ya que VB es un lenguaje de programación que permite crear programas auto ejecutables (conocidos como archivos EXE). A pesar de que VBA y VB tienen mucho en común, son dos cosas distintas. [INAMAC]

2.5 PROGRAMANDO EN VBA

2.5.1 PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

La programación en VBA puede ser un tanto misteriosa para la mayoría de los usuarios de Excel, sin embargo una vez que se comprenden los principios básicos de programación en VBA se comenzarán a crear soluciones robustas y efectivas. [PROEXE]

El primer concepto importante a entender es que cada elemento de Excel es representado en VBA como un **objeto**. Por ejemplo, existe el objeto **Workbook** que representa a un libro de Excel. También existe el objeto **Sheet** que representa una hoja y el objeto **Chart** para un gráfico.

El segundo concepto importante a entender es que cada uno de estos objetos tiene **propiedades** y **métodos**. Para explicar mejor este concepto utilizaré una analogía.

2.5.2 PROPIEDADES Y MÉTODOS

Supongamos que tenemos el objeto auto, así es, un auto como el que manejamos todos los días para ir al trabajo. Este auto tiene varias **propiedades** como son: marca, modelo, color, tipo de transmisión las cuales ayudan a describir mejor al auto. También hay **propiedades** que indican su estado actual como por ejemplo gasolina disponible, temperatura del aceite, velocidad, kilómetros recorridos entre otras propiedades más. Podemos decir que las **propiedades** de un objeto nos ayudan a describirlo mejor en todo momento.

Por otro lado tenemos los **métodos** de un objeto que en resumen son las acciones que podemos realizar con dicho objeto. Por ejemplo, con nuestro auto podemos hacer lo siguiente: encenderlo, avanzar, vuelta a la izquierda, vuelta a la derecha, reversa, detener, apagar, etc. Todas las acciones que se pueden llevar a cabo con un objeto son conocidas como **métodos**.

Volviendo al terreno de Excel, el objeto Workbook tiene propiedades como ActiveSheet (Hoja activa), Name (Nombre), ReadOnly (Solo Lectura),

Saved (Guardado) y algunos de sus métodos son Save (Guardar), Close (Cerrar), PrintOut (Imprimir), Protect (Proteger), Unprotect (Desproteger).

Será difícil mencionar todos los objetos de Excel y sus propiedades, pero lo importante a recordar en esta ocasión es que cada elemento de Excel está siempre representado por un **objeto** en VBA y cada objeto tiene a su vez **propiedades** y **métodos** que nos permitirán trabajar con nuestros datos.

2.5.3 INTRODUCCIÓN A LAS CLASES EN VBA

Las Clases son herramientas muy poderosas en VBA, En VBA, una clase está definida en el módulo de clases, y sirve como una plantilla para un objeto. El término Objeto es deliberadamente vago, un objeto puede ser definido para representar cualquier objeto que tu quieras, cualquier cosa que puedas describir conceptualmente puede ser representado como una clase. La diferencia entre un objeto y una clase es que la clase no hace nada y no consume memoria, es como un plano. Cuando tienes una variable de ese tipo de clase y creas una instancia de esa clase con la “palabra clave” NEW, un proceso llamado instanciación toma parte y recién llega a ser un objeto y consume memoria y puede llevar a cabo acciones. Una clase es definida por sus propiedades, los cuales describen atributos de la clase y sus métodos (sub y funciones procedimentales) las cuales llevan acciones en los objetos, If una clase es análoga al nombre, una propiedad es como un adjetivo.

Se debe inicializar una clase dentro de un objeto a fin de hacer cualquier cosa con él.

```
Dim C As Class1
```

```
Set C = New Class1
```

En VBA una clase es algo tan sencillo como un procedimiento, que contiene datos para manejarlos, y con el que se puede crear objetos. Para crear una clase primero debemos crearnos un módulo de clase, desde el menú insertar seleccionamos la opción Modulo de clase. Los módulos de clase presentan dos eventos:

Initialize: ocurre cuando se crea una instancia de una clase. Se usa, generalmente para inicializar cualquier dato usado por la instancia de una clase en el código.

Terminate: ocurre cuando toda referencia a una instancia de una clase son removidas de memoria al establecer todas las variables que la refieren a un objeto a Nothing o cuando la última referencia al el objeto se encuentra fuera de alcance.

En el siguiente ejemplo creamos un módulo de clase donde declaramos públicamente las variables que utilizaremos en un módulo diferente y crearemos una función que nos devolverá en un mensaje el nombre completo de un supuesto empleado que estamos dando de alta.

Código del Módulo de Clase:

Option Explicit

```
Public Nombre As String
Public Apellido1 As String
Public Apellido2 As String
Public Direccion As String
Public Provincia As String
Public Function NombreCompleto() As String
NombreCompleto = Apellido1 & " " & Apellido2 & " " & Nombre
End Function
```

Código del Módulo:

```
Sub prueba_clase()
Dim empleado As New Clase1
With empleado
.Nombre = InputBox("Nombre: ")
.Apellido1 = InputBox("Primer Apellido: ")
.Apellido2 = InputBox("Segundo Apellido: ")
.Direccion = InputBox("Dirección: ")
.Provincia = InputBox("Provincia: ")
MsgBox "Empleado: " & .NombreCompleto
End With
End Sub
```

2.6 COMPLEMENTO SOLVER

El Solver se utiliza para determinar el valor máximo o mínimo de una celda modificando otras celdas; por ejemplo, el beneficio máximo que puede generarse modificando los gastos de publicidad. Las celdas que se seleccionen deberán estar relacionadas mediante fórmulas en la hoja de cálculo. Si no están relacionadas, cuando se modifique una celda no se modificará la otra. Con Solver puede modificarse el valor óptimo para una celda, denominada “celda objetivo”. Solver ajusta los valores en las celdas cambiantes que se especifiquen, denominadas “celdas ajustables” para generar el resultado especificado en la fórmula de la celda objetivo. Pueden aplicarse restricciones para limitar los valores del modelo, pudiendo éstas hacer referencia a otras celdas a las que afecte la fórmula de la celda objetivo.

[GSDEXE]

2.6.1 ALGORITMOS Y MÉTODOS UTILIZADOS POR SOLVER

Microsoft Excel Solver utiliza el código de optimización no lineal (GRG2) desarrollado por la Universidad Leon Lasdon de Austin (Texas) y la Universidad Allan Waren (Cleveland). Los problemas lineales y enteros utilizan el método más simple con límites en las variables y el método de ramificación y límite, implantado por John Watson y Dan Fylstra de Frontline Systems, Inc.

2.6.2 CUADRO DE PARÁMETROS DE SOLVER

Con Solver, puede buscarse el valor óptimo para una celda, denominada celda objetivo, en una hoja de cálculo. Funciona en un grupo de celdas que estén relacionadas, directa o indirectamente, con la fórmula de la celda objetivo. Solver ajusta los valores en las celdas cambiantes que se especifiquen, denominadas celdas ajustables, para generar el resultado especificado en la fórmula de la celda objetivo. Pueden aplicarse restricciones para restringir los valores que puede utilizar Solver en el modelo y las restricciones pueden hacer referencia a otras celdas a las que afecte la fórmula de la celda objetivo.

A. Celda objetivo:

Celda que se desea definir con un valor determinado o que se desea maximizar o minimizar.

B. Valor de la celda objetivo:

Específica si se desea maximizar o minimizar la celda objetivo, o bien definirla con un valor específico el cual se introducirá en el cuadro.

C. Cambiando las celdas:

Celdas que pueden ajustarse hasta que se satisfagan las restricciones del problema, pueden especificarse 200 celdas como máximo.

D. Estimar:

Estima todas las celdas que no contienen ninguna fórmula a las que se hace referencia en la fórmula de la celda objetivo y escribiéndola en el cuadro cambiando las celdas.

E. Sujeto a las siguientes restricciones:

Muestra una lista de las restricciones actuales en el problema, permitiéndose editar dichas restricciones.

F. Resolver:

Inicia el proceso de solución del problema definido.

G. Opciones:

Muestra el cuadro de diálogo Opciones de Solver, donde pueden cargarse y guardarse los modelos de problema y las características de control avanzado del proceso de solución.

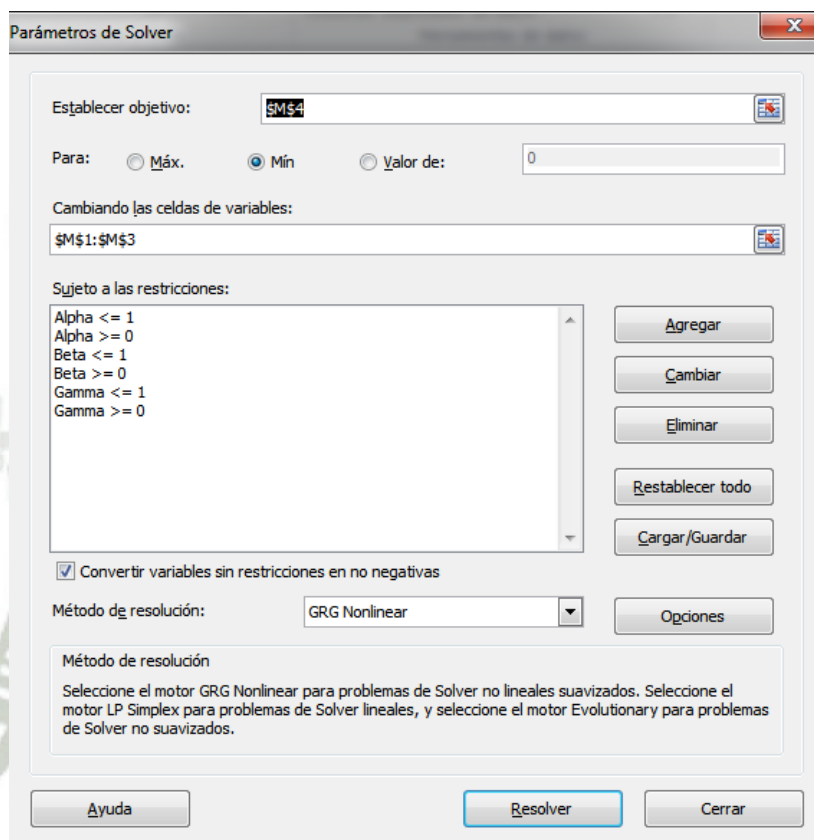


Ilustración 8 Cuadro Solver

Fuente: Elaboración en base a captura de imagen de Microsoft Excel

H. Cuadro de diálogo Opciones de Solver

Pueden controlarse las características avanzadas del proceso de solución, cargarse o guardarse definiciones de problemas y definirse parámetros para los problemas lineales y no lineales. Cada opción tiene una configuración predeterminada adecuada a la mayoría de los problemas.

Tiempo máximo:

Limita el tiempo que tarda el proceso de solución. Puede introducirse un valor tan grande como 32 367, pero el valor predeterminado 100 (segundos) es adecuado para la mayor parte de los problemas.

Iteraciones:

Limita el tiempo que tarda el proceso de solución, limitando el número de cálculos provisionales. Aunque puede introducirse un valor tan grande como 32.767, el valor predeterminado 100 es adecuado para la mayor parte de los problemas pequeños.

Precisión:

Controla la precisión de las soluciones utilizando el número que se introduce para averiguar si el valor de una restricción cumple un objetivo o satisface un límite inferior o superior. Debe indicarse la precisión mediante una fracción entre 0 y 1. Cuantos más decimales tenga el número que se introduzca, mayor será la precisión; por ejemplo, 0,0001 indica una precisión mayor que 0,01. Cuanto mayor sea la precisión, más tiempo se tardará en encontrar una solución.

Tolerancia:

El porcentaje mediante el cual la celda objetivo de una solución que satisfaga las restricciones externas puede diferir del valor óptimo verdadero y todavía considerarse aceptable. Esta opción sólo se aplica a los problemas que tengan restricciones enteras. Una tolerancia mayor tiende a acelerar el proceso de solución.

Convergencia:

Si el valor del cambio relativo en la celda objetivo es menor que el número introducido en el cuadro Convergencia para las últimas cinco iteraciones, Solver se detendrá. La convergencia se aplica únicamente a los problemas no lineales y debe indicarse mediante una fracción entre 0 y 1. Cuantos más decimales tenga el número que se introduzca, menor será la convergencia; por ejemplo, 0,0001 indica un cambio relativo menor que 0,01. Cuanto menor sea el valor de convergencia, más tiempo se tardará en encontrar una solución.

Adoptar modelo lineal:

Selecciónelo para acelerar el proceso de solución cuando todas las relaciones en el modelo sean lineales y desee resolver un problema de optimización o una aproximación lineal a un problema no lineal.

Mostrar resultado de iteraciones:

Muestra los resultados de cada iteración.

Usar escala automática:

Selecciónelo para utilizar la escala automática cuando haya grandes diferencias de magnitud entre las entradas y los resultados; por ejemplo, cuando se maximiza el porcentaje de beneficios basándose en una inversión de medio millón de dólares.

Adoptar no-negativo:

Supone un límite de cero para todas las celdas ajustables en las que no se haya definido un límite inferior en el cuadro restricción.

Estimación:

Especifica el enfoque que se utiliza para obtener las estimaciones iniciales de las variables básicas en cada una de las búsquedas dimensionales.

- Tangente, utiliza la extrapolación lineal de un vector tangente.
- Cuadrática, utiliza la extrapolación cuadrática, que puede mejorar los resultados de problemas no lineales en gran medida.

Derivadas:

Especifica la diferencia que se utiliza para estimar las derivadas parciales del objetivo y las funciones de la restricción.

- Progresivas, se utilizan en la mayor parte de los problemas, en que los valores de restricción cambien relativamente poco.
- Centrales, se utiliza en los problemas en que las restricciones cambian rápidamente, especialmente cerca de los límites. Aunque esta opción necesita más cálculos, puede ser útil cuando Solver devuelve un mensaje diciendo que no puede mejorarse la solución.

Hallar por:

Especifica el algoritmo que se utiliza en cada iteración para determinar la dirección en que se hace la búsqueda.

- Newton, es un método casi Newton, normalmente necesita más memoria pero menos iteraciones que el método de gradiente conjugada.

- Conjugada, necesita menos memoria que el método Newton, pero normalmente necesita más iteraciones para alcanzar un determinado nivel de precisión. Esta opción se usa cuando se trate de un problema grande y la utilización de memoria o cuando al hacer un recorrido a través de iteraciones se descubra un progreso lento.

Cargar modelo:

Especifica la referencia del modelo que se desee cargar.

Guardar modelo:

Muestra el cuadro de diálogo Guardar modelo, donde puede especificar la ubicación en que desee guardar el modelo, se usa únicamente cuando se guardan más de un modelo con una hoja de cálculo, el primer modelo se guarda de forma automática.

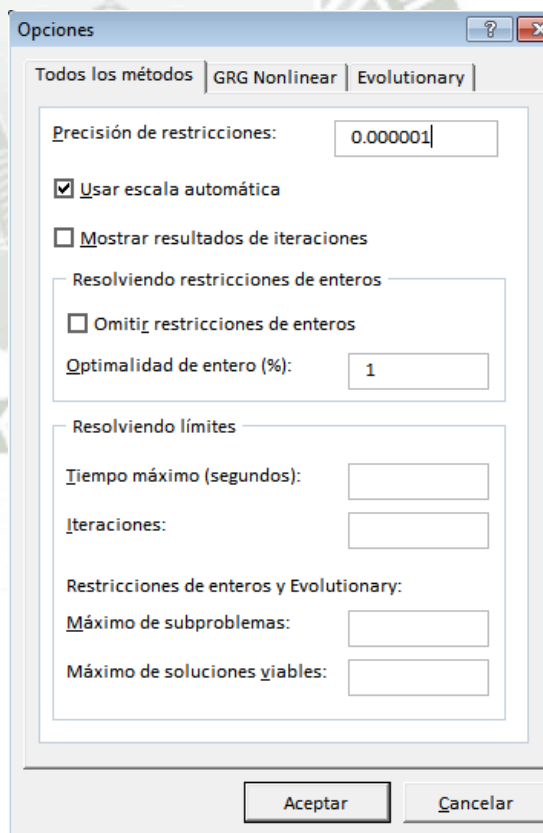


Ilustración 9 Opciones de Solver

Fuente: Elaboración en base a captura de imagen de Microsoft Excel

2.7 MSE (MEAN SQUARE ERROR) ERROR CUADRÁTICO MEDIO

En estadística, el error cuadrático medio (MSE o mean square error en inglés) es una forma de evaluar la diferencia entre un estimador y el valor real de la cantidad que se quiere calcular. El MSE mide el promedio del cuadrado del "error", siendo el error el valor en la que el estimador difiere de la cantidad a ser estimada.

Una forma simple de pensar en el MSE es considerándolo como un criterio para seleccionar un estimador apropiado: en los modelos estadísticos los modeladores deben elegir entre varios estimadores potenciales. En términos prácticos, el MSE equivale a la suma de la varianza y la desviación al cuadrado del estimador. Un estimador es usado para deducir el valor de un parámetro desconocido en un modelo estadístico. La desviación es la diferencia entre el valor esperado del estimador y el valor real del parámetro que se quiere estimar.

En el modelado estadístico, el MSE es usado para determinar la medida en la que el modelo no se ajusta a la información, o si el quitar ciertos términos puede simplificar el modelo de maneras benéficas. El MSE proporciona una forma para elegir el mejor estimador: un MSE mínimo a menudo, pero no siempre, indica una variación mínima, y por lo tanto indica un buen estimador. Al calcular la raíz cuadrada del MSE se obtiene la raíz cuadrada de la desviación media, que es una buena medida de precisión y también es conocida como la media cuadrática. [MESQER]

2.8 MAD (MEAN ABSOLUTE DEVIATION) DESVIACIÓN MEDIA ABSOLUTA

Desviación media absoluta (MAD, por sus siglas en inglés, mean absolute deviation). Una vez más, la formula puede deducirse a partir del nombre del término. Literalmente significa el promedio de las desviaciones absolutas matemáticas de los errores de pronóstico (desviaciones). La fórmula, por lo tanto, es

$$MAD = \sum \frac{|real^A - pronóstico^F|}{n}$$

Ecuación 12 : MAD

Esto representa un número muy importante, ya que nos indica el error de pronóstico promedio (siempre positivo) sobre el periodo en cuestión. [MEABDE]

CAPITULO III

INGENIERÍA DEL PRODUCTO

3.1. RESUMEN DEL DISEÑO

Esta sección está dividida en dos partes principales, la primera se muestra los requerimientos funcionales dentro de los cuales está los casos de uso, los diagramas de casos de uso, diagramas de secuencia y diagrama de clases, en la segunda parte del presente capítulo esta los requerimientos no funcionales.

Los casos de uso muestran la interacción entre el usuario final (Demand Planner o Manager Planner) y la herramienta, en primera instancia se encuentra la validación del usuario en la herramienta, donde el sistema solicita al cliente su contraseña de identificación personal, y si la identificación es válida el sistema acepta al usuario, acto seguido el sistema solicita dirección, identificador y contraseña para la base de Datos, si los datos ingresados son correctos, permite el ingreso para inicial el módulo de pronósticos, en caso contrario si se coloca 3 veces credenciales incorrectas el sistema se cierra.

Dadas todos datos correctamente a la herramienta, la herramienta por primera vez muestra el menú principal, y en caso que la herramienta esté mostrando los pronósticos y datos obtenidos en el periodo anterior, es necesario limpiar memoria y datos almacenados en los pronósticos anteriores, para lo cual el usuario presiona click en el botón “Limpiar hojas y memoria”.

El usuario solicita consolidar la información y que el sistema pre-clasifique la información, para realizar el siguiente paso que es analizar las SKU(Seek Keep Unit), ya que debido a la experiencia del Demand planner, algunos de los SKU necesitan ser reclasificados por factores externos. Finalmente el siguiente caso de uso es ejecutar el pronóstico y finalmente graficar.



3.2. REQUERIMIENTOS

3.2.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

En los siguientes requerimientos se describen la interacción entre el sistema y su ambiente independientemente de su implementación. El ambiente incluye al usuario y cualquier otro sistema externo que interactúa con el sistema.

A. CASOS DE USO

Los siguientes casos de uso proporcionan un medio para que los desarrolladores, los usuarios finales del sistema y los expertos del dominio lleguen a una comprensión común del sistema.

CU 01: INGRESO AL SISTEMA					
IDENTIFICADOR :	Único				
INDISPENSABLE :	Si	DESEABLE :	no	PRIORIDAD :	alta
NOMBRE DEL CASO DE USO:	Ingresar al sistema por parte del usuario				
AUTOR :	Francisco Alvaro Ramírez Muñoz				
FECHA :	01/12/2013				
CATEGORIA :	VISIBLE	Si	NO VISIBLE	ACTORES INVOLUCRADOS :	usuario
RESUMEN :	El usuario abre el archivo Excel e inicia el proceso verificación de identificación para poder realizar pronósticos				
CURSO BÁSICO EVENTOS :	1. El sistema pide al cliente una contraseña de identificación personal. 2. El cliente introduce su contraseña. 3. El sistema comprueba entonces la contraseña. Para ver si es válido. 4. Si la identificación es válida el sistema acepta la entrada.				
CAMINOS ALTERNATIVOS :	Apertura del archivo-pronostico y visualización de la interfaz principal				
CAMINOS DE EXCEPCIÓN :	El sistema se cierra automáticamente en caso de no colocar los datos requeridos correctamente 3 veces. El sistema se cierra en caso de presionar las combinaciones de tecla Alt+F4, o Esc, o pincha en el botón “Close”, produciéndose la excepción de cerrado.				
PUNTOS DE EXTENSIÓN :	Remainder(que permite al sistema realizar varias consultas a la base de datos sin volverse a introducir sus credenciales)				
PRE-CONDICIONES :	Instalación de todas las librerías, solver y plataforma VBA.				
POST-CONDICIONES :	Se podrá abrir el archivo en la hoja Principal, con un menú de opciones sencillo y amigable a al usuario.				
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN :					
BORRADOR DE INTERFAZ GRÁFICA :	Libro Excel en hoja de menú principal, simple y de fácil entendimiento.				

CU 02: INGRESO DE RUTA E IDENTIFICACIÓN EN BASE DE DATOS						
IDENTIFICADOR :	Heredado					
INDISPENSABLE :	Si	DESEABLE :	no	PRIORIDAD :	alta	
NOMBRE DEL CASO DE USO:	Ingresar ruta y credenciales a la Base de Datos					
AUTOR :	Francisco Álvaro Ramírez Muñoz					
FECHA :	01/12/2013					
CATEGORIA :	VISIBLE	Si	NO VISIBLE	si	ACTORES INVOLUCRADOS :	usuario
RESUMEN :	El sistema abre cuadro de dialogo solicitando la ruta de la base de datos y el Usuario y contraseña de la BD.					
CURSO BÁSICO EVENTOS :	<div><div>1.</div><div>El sistema solicita la ruta donde se encuentra la Base de Datos.</div></div> <div><div>2.</div><div>El sistema solicita Usuario y contraseña de base de datos.</div></div> <div><div>3.</div><div>El cliente copia ruta o direcciona a través del asistente de ruta.</div></div> <div><div>4.</div><div>El sistema comprueba los parámetros ingresados al sistema para verificar si son válidos.</div></div> <div><div>5.</div><div>Si la identificación es válida el sistema, el sistema está listo para poder ser usado.</div></div>					
CAMINOS ALTERNATIVOS :	El camino que se muestra es simplemente un cuadro de dialogo donde se muestra el éxito o fracaso de la conexión a la BD, sin embargo el sistema aparentemente no toma acción alguna.					
CAMINOS DE EXCEPCIÓN :	<div>En caso de ejecutarse el pronóstico sin las validaciones correspondientes, el sistema por seguridad se cerrará.</div> <div>En caso de no ingresar las credenciales correctas, el sistema volverá a reiniciar este caso.</div>					
PUNTOS DE EXTENSIÓN :	Se extiende del caso de “Ingreso de ruta e identificación en base de datos”					
PRE-CONDICIONES :	Tiene que realizarse primero el “Ingreso de ruta e identificación en base de datos” de sistema					
POST-CONDICIONES :	El sistema quedará listo para ejecución de agrupaciones y análisis.					
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN :						
BORRADOR DE INTERFAZ GRÁFICA :						

CU 03: LIMPIEZA DE MEMORIA Y DE SISTEMA						
IDENTIFICADOR :	Único					
INDISPENSABLE :	Si	DESEABLE :	si	PRIORIDAD :	alta	
NOMBRE DEL CASO DE USO:	Limpiar sistema y memoria					
AUTOR :	Francisco Alvaro Ramírez Muñoz					
FECHA :	01/12/2013					
CATEGORIA :	VISIBLE	Si	NO VISIBLE		ACTORES INVOLUCRADOS :	usuario
RESUMEN :						
CURSO BÁSICO EVENTOS :	1. El usuario presiona el botón de limpieza. 2. El sistema limpia la memoria, y los libros que fueron creados en anteriores corridas del sistema.					
CAMINOS ALTERNATIVOS :	Borrado manual de los libros, con excepción del menú principal.					
CAMINOS DE EXCEPCIÓN :	En caso de no limpiar, el sistema solicitará reiniciar este caso.					
PUNTOS DE EXTENSIÓN :	Ninguno					
PRE-CONDICIONES :	Ingreso de ruta e identificación en base de datos					
POST-CONDICIONES :	El sistema quedará listo para ejecución de pronóstico					
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN :						
BORRADOR DE INTERFAZ GRÁFICA :	Libro Excel en hoja de menú principal.					

CU 04 : CONSOLIDACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN						
IDENTIFICADOR :	Único					
INDISPENSABLE :	Si	DESEABLE :	no	PRIORIDAD :	media	
NOMBRE DEL CASO DE USO:	Consolidación y clasificación					
AUTOR :	Francisco Álvaro Ramírez Muñoz					
FECHA :	01/12/2013					
CATEGORIA :	VISIBLE		NO VISIBLE	Si	ACTORES INVOLUCRADOS :	usuario
RESUMEN :	La información es transformada en datos consolidados y clasificados de acuerdo al tipo de venta en el mercado					
CURSO BÁSICO EVENTOS :	<div><div></div><div><div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><</div></div></div>					

CU 05 : ANÁLISIS DEL LIBRO DE CÁLCULOS						
IDENTIFICADOR :	Único					
INDISPENSABLE :	Si	DESEABLE :	no	PRIORIDAD :	media	
NOMBRE DEL CASO DE USO:	Analizar el libro de cálculos					
AUTOR :	Francisco Álvaro Ramírez Muñoz					
FECHA :	02/12/2013					
CATEGORIA :	VISIBLE	si	NO VISIBLE		ACTORES INVOLUCRADOS :	usuario
RESUMEN :	El libro de cálculos presenta los SKUs para una revisión uno a uno en caso de altas y bajas de productos.					
CURSO BÁSICO EVENTOS :	<div><div>1.</div><div>El Demand Planner cambia la categoría de los artículos según su experiencia, y según reuniones consensus entre las gerencias de finanzas y comercialización.</div></div> <div><div>2.</div><div>El sistema guarda los cambios y actualiza funciones Excel.</div></div>					
CAMINOS ALTERNATIVOS :	El único camino alternativo es confiar en la asignación automática por las participaciones que el sistema realiza.					
CAMINOS DE EXCEPCIÓN :	En caso de error, se recomienda regresar al caso de limpieza de memoria y de libros Excel.					
PUNTOS DE EXTENSIÓN :	Ninguno					
PRE-CONDICIONES :	Herramienta limpia en memoria y otros cálculos y Clasificación realizada.					
POST-CONDICIONES :	Habilitado para pronósticos					
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN :	Creación de plantillas de algoritmos de cálculos para pronósticos.					
BORRADOR DE INTERFAZ GRÁFICA :	La interfaz sigue siendo del tipo hoja de cálculo					

CU 06 : GENERACIÓN DE PRONÓSTICOS						
IDENTIFICADOR :	Único					
INDISPENSABLE :	Si	DESEABLE :	no	PRIORIDAD :	media	
NOMBRE DEL CASO DE USO:	Pronosticar					
AUTOR :	Francisco Álvaro Ramírez Muñoz					
FECHA :	02/12/2013					
CATEGORIA :	VISIBLE	si	NO VISIBLE		ACTORES INVOLUCRADOS :	usuario
RESUMEN :	Ejecución de pronóstico					
CURSO BÁSICO EVENTOS :	<div><div>1.</div><div>El Demand Planner o Manager planner que ha asignado categorías según su experiencia, y según reuniones consensus entre las gerencias de finanzas y comercialización, ahora da ejecuta la función pronosticar</div><div>2.</div><div>El sistema ejecuta el pronóstico y empieza a generar plantillas dinámicas para los métodos implementados.</div></div>					
CAMINOS ALTERNATIVOS :	Ninguno					
CAMINOS DE EXCEPCIÓN :	En caso de error, se recomienda regresar al caso de limpieza de memoria y de libros Excel.					
PUNTOS DE EXTENSIÓN :	Ninguno					
PRE-CONDICIONES :	Herramienta limpia en memoria y otros cálculos y Clasificación realizada.					
POST-CONDICIONES :	Habilitado generación de gráficos					
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN :	Creación de plantillas de algoritmos de cálculos para pronósticos.					
BORRADOR DE INTERFAZ GRÁFICA :	El Excel se bloquea momentáneamente porque empieza el cálculo intensivo de las distintas series temporales.					

CU 07 : GRAFICAR						
IDENTIFICADOR :	Único					
INDISPENSABLE :	Si	DESEABLE :	no	PRIORIDAD :	Media	
NOMBRE DEL CASO DE USO:	Graficar					
AUTOR :	Francisco Álvaro Ramírez Muñoz					
FECHA :	02/12/2013					
CATEGORIA :	VISIBLE	Si	NO VISIBLE		ACTORES INVOLUCRADOS :	usuario
RESUMEN :	Graficar resultados de pronósticos					
CURSO BÁSICO EVENTOS :	1. El usuario presiona el botón de gráficos. 2. El sistema gráfica los pronósticos del tipo Pivot Table y con plantilla dinámica para que pueda realizarse cualquier consulta.					
CAMINOS ALTERNATIVOS :	Ninguno					
CAMINOS DE EXCEPCIÓN :	En caso de error, se recomienda limpiar la hoja de cálculo generada y reiniciar el caso					
PUNTOS DE EXTENSIÓN :	Ninguno					
PRE-CONDICIONES :	Haber realizado el caso de pronóstico					
POST-CONDICIONES :	Ninguna					
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN :	Ninguna					
BORRADOR DE INTERFAZ GRÁFICA :	Gráficos dinámicos del tipo PivotTable					

B. DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

Los diagramas de casos de uso, muestran esquemáticamente la interacción de los actores (usuario final, otros sistemas) y la herramienta.

○ Diagrama DCU-0001

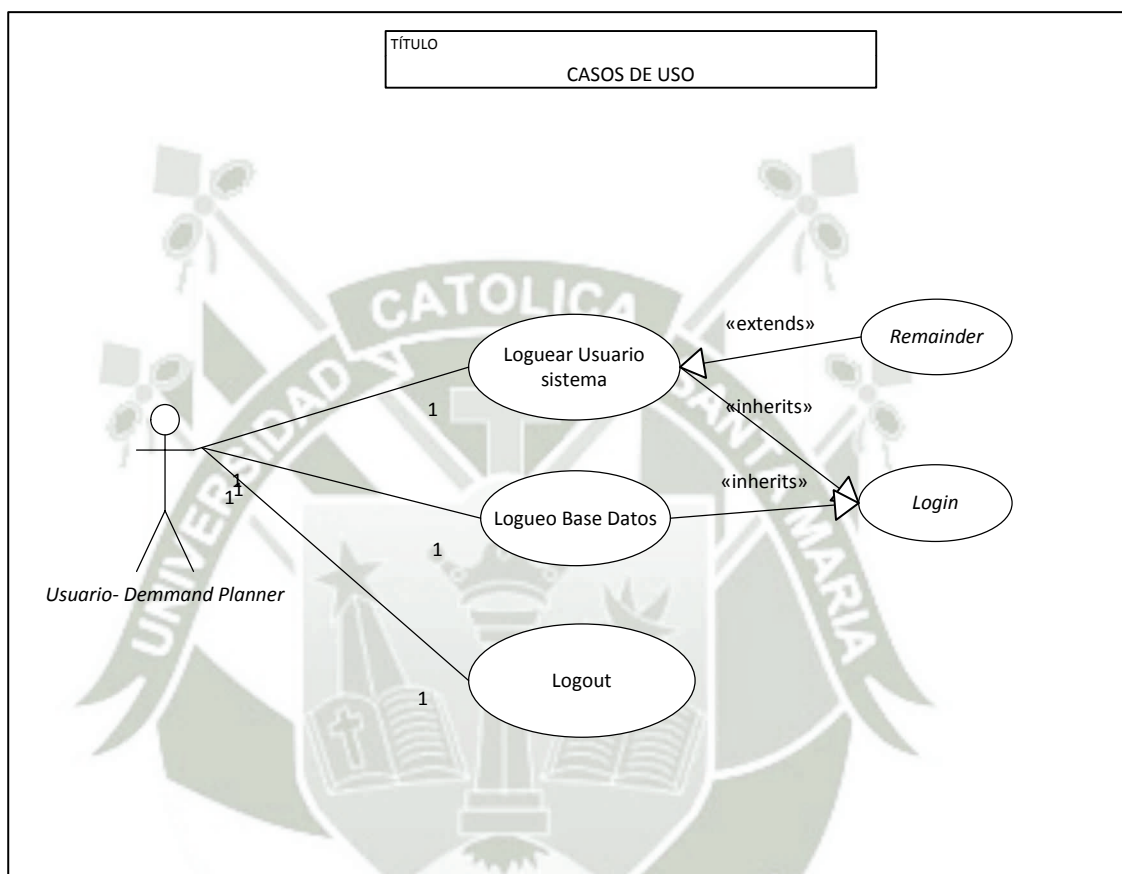


Ilustración 10 DCU-00001

Fuente: Elaboración propia

○ Diagrama DCU-0002

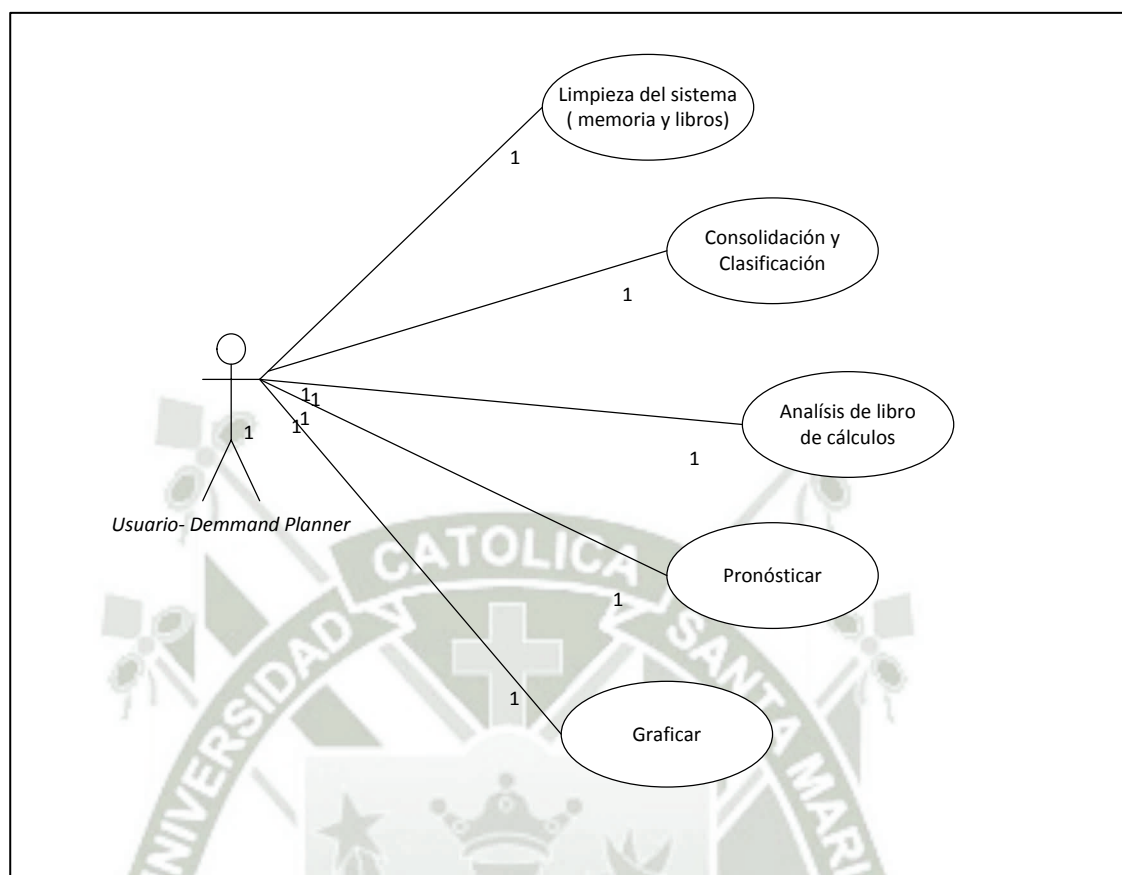


Ilustración 11 DCU-00002

Fuente: Elaboración propia

C. DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Los siguientes diagramas de Secuencias muestran la forma en que el grupo de objetos dentro de la herramienta se comunican (interactúan) entre sí a lo largo del tiempo, muestran los mensajes entre estos objetos y una línea de vida del objeto representada por una línea vertical. [TDSTMO] [TDSIBM]

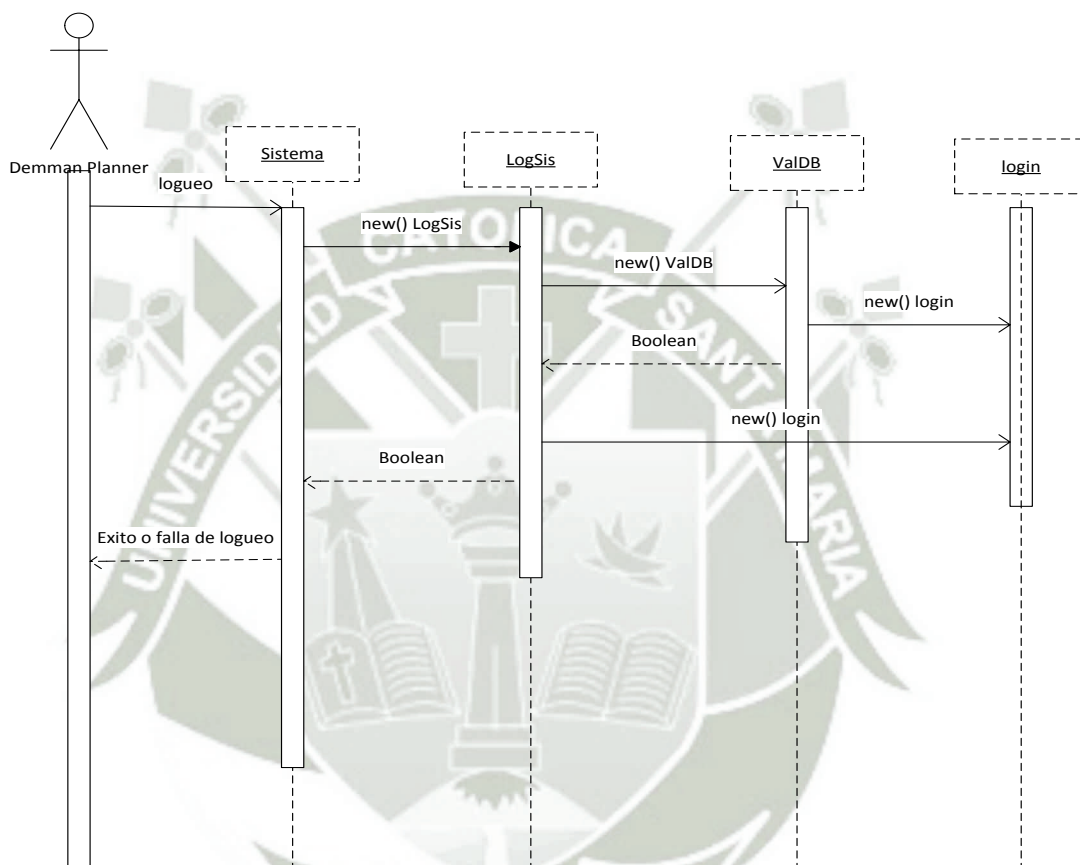


Ilustración 12 Diagrama Secuencia Ingreso al sistema

Fuente: Elaboración propia

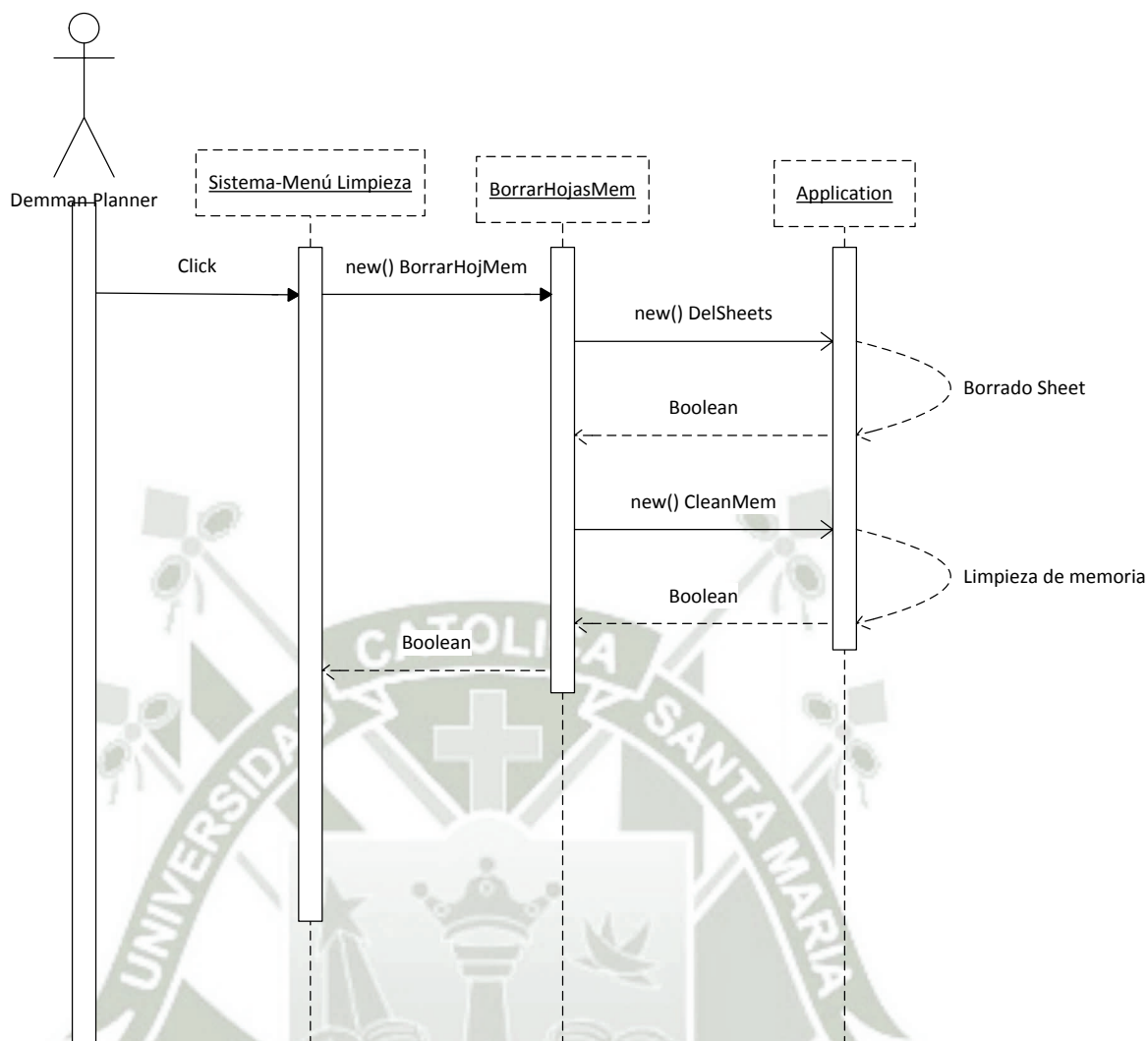


Ilustración 13 Diagrama Secuencia – Limpieza de memoria

Fuente: Elaboración propia

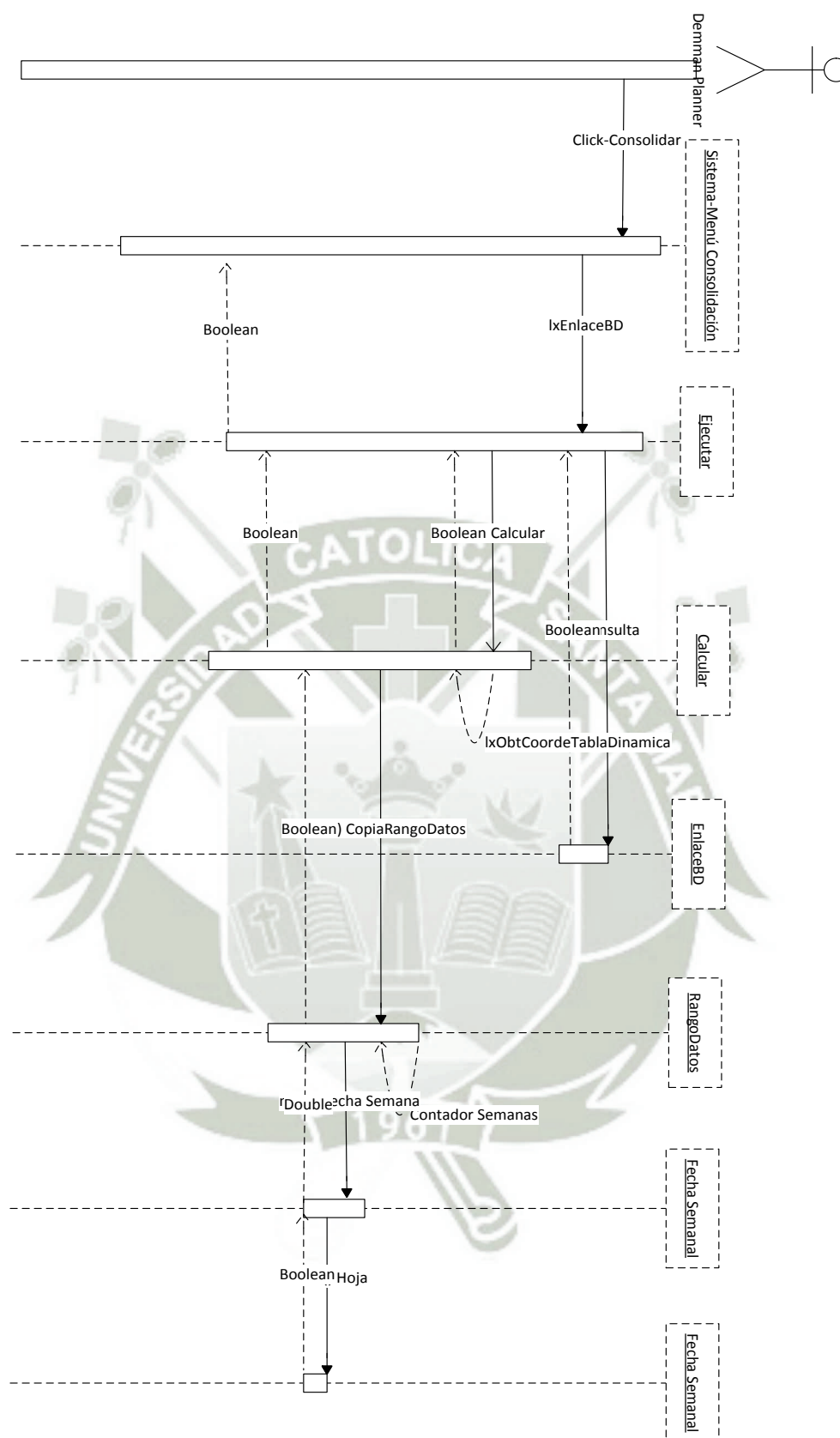


Ilustración 14 Diagrama Secuencia-Consolidación

Fuente: Elaboración propia

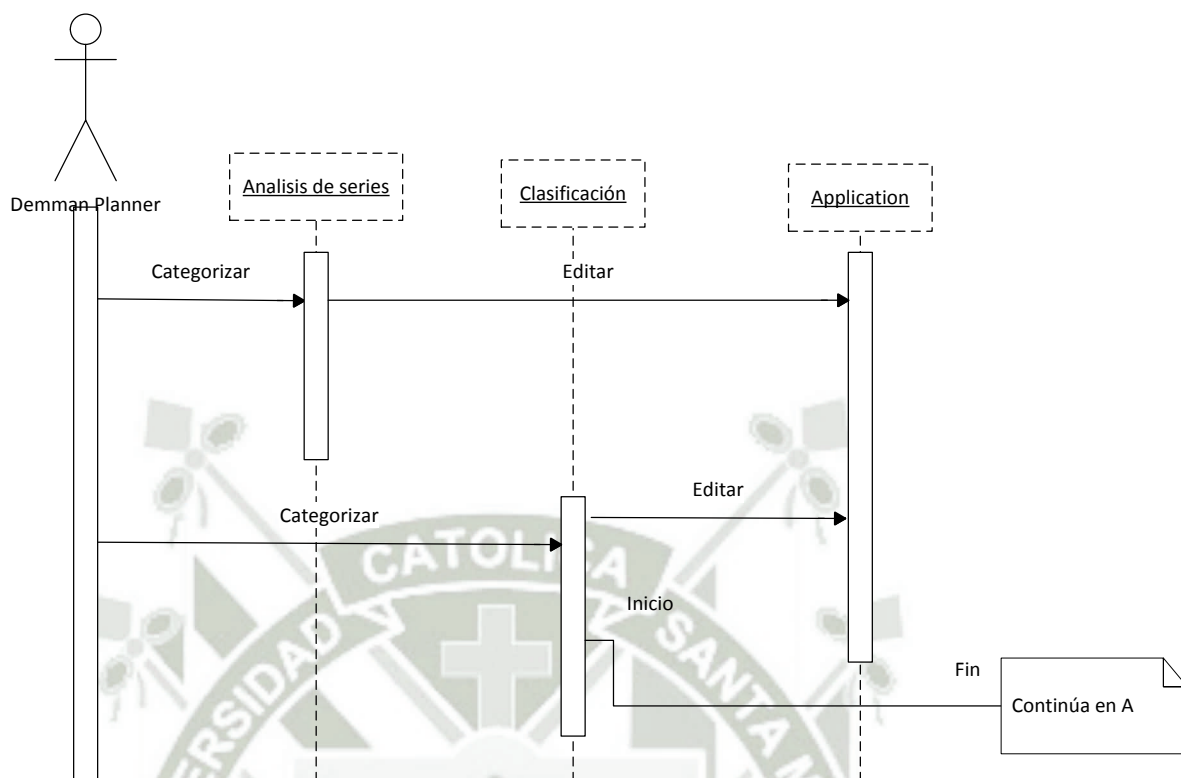


Ilustración 15 Diagrama Secuencia-Análisis de Series

Fuente: Elaboración propia

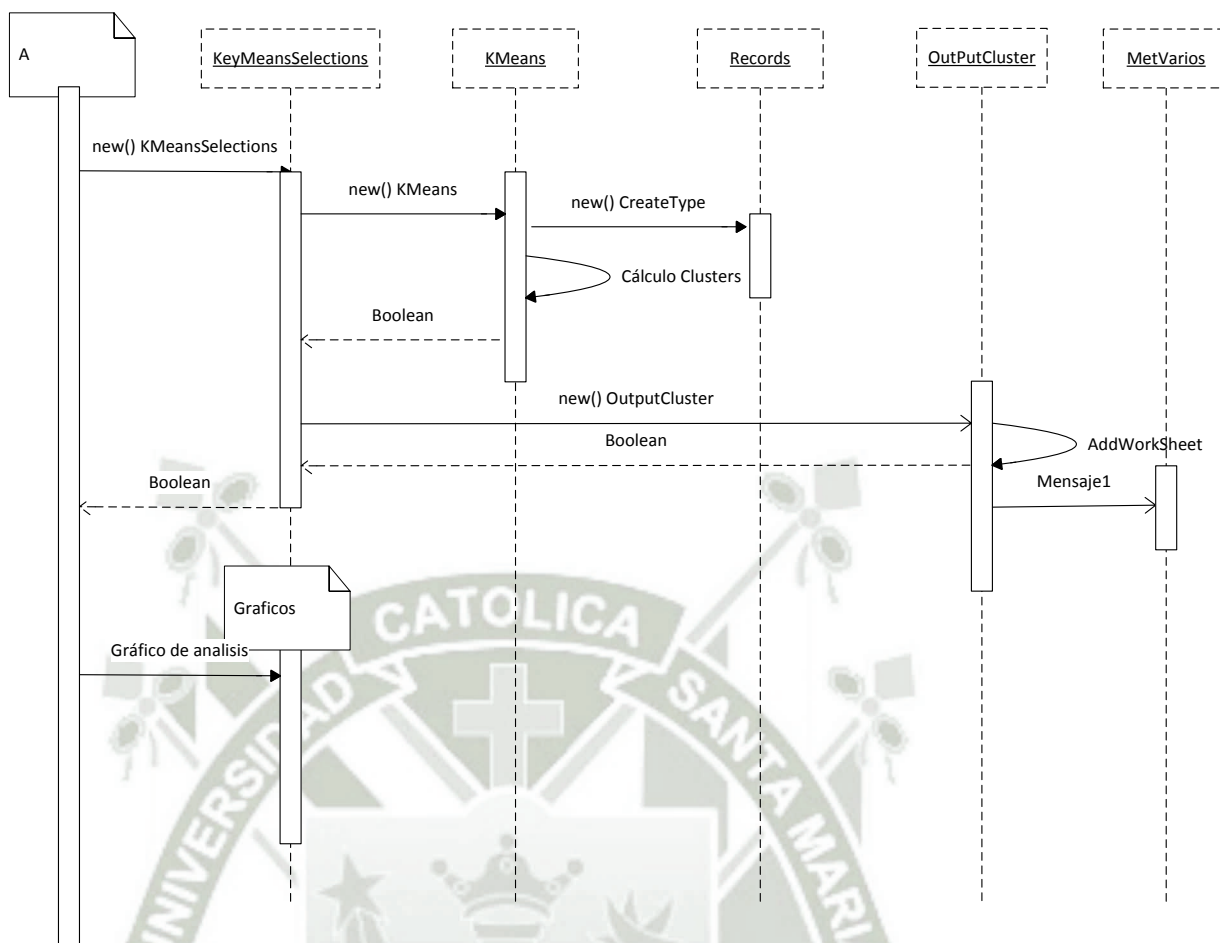


Ilustración 16 Diagrama Secuencia K-means Selections

Fuente: Elaboración propia

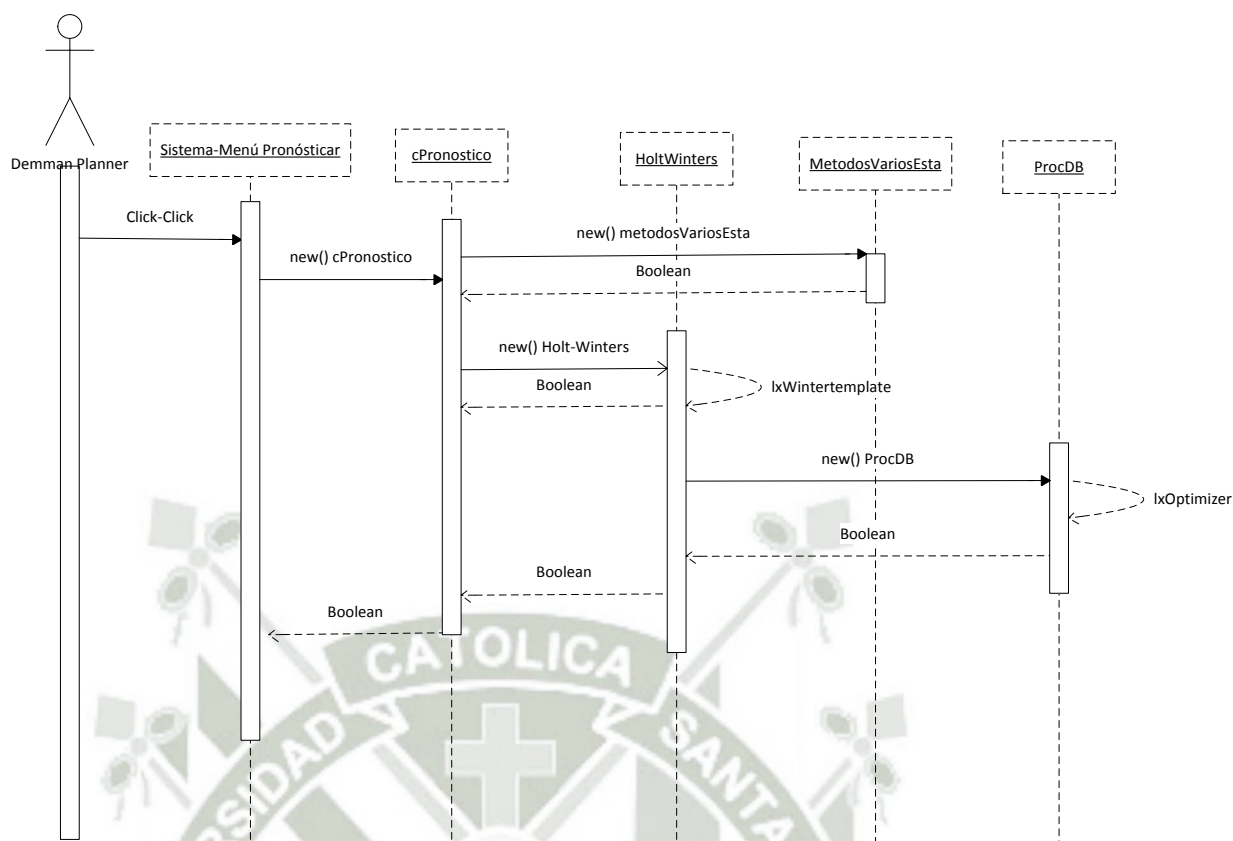


Ilustración 17 Diagrama secuencia – Menú Pronosticar

Fuente: Elaboración propia

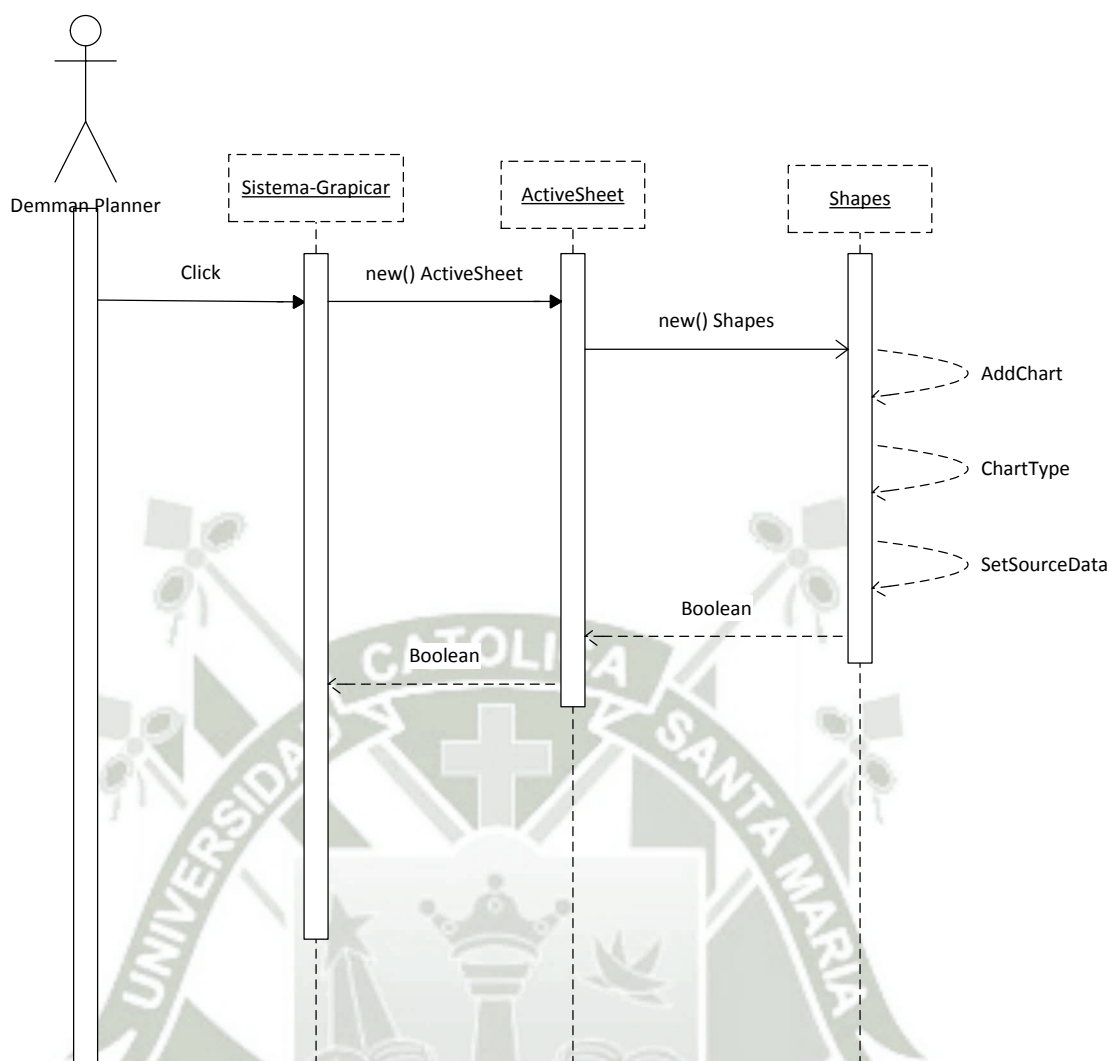
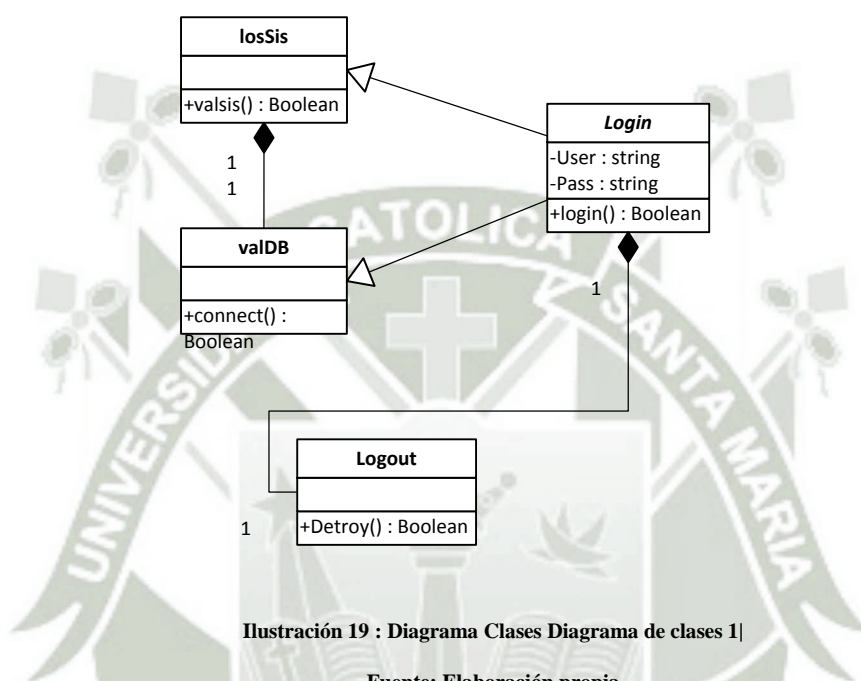


Ilustración 18 Diagrama Secuencia Graficar

Fuente: Elaboración propia

D. DIAGRAMAS DE CLASES

El siguiente diagrama de clases es un tipo de diagrama estático que describe la estructura de la herramienta mostrando sus clases, orientadas a objetos. Incluye información como la relación entre un objeto y otro, la herencia de propiedades de otro objeto, conjuntos de operaciones/propiedades que son implementadas. [RRUML4]



Fuente: Elaboración propia

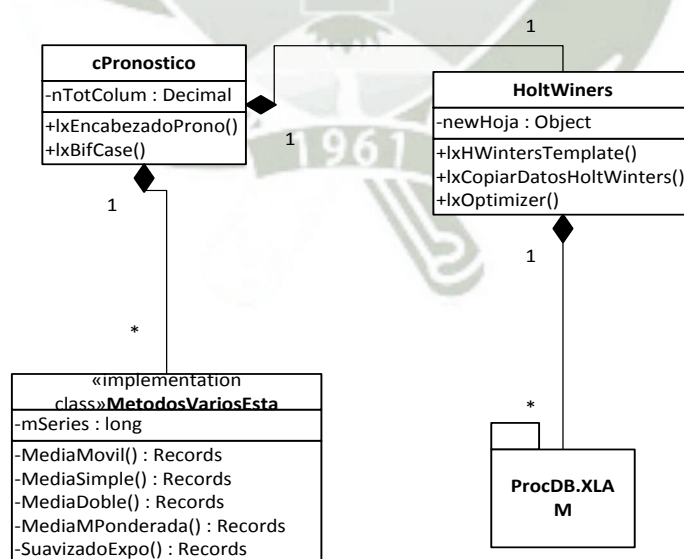


Ilustración 20 Diagrama de Clases Principales clases 2

Fuente: Elaboración propia

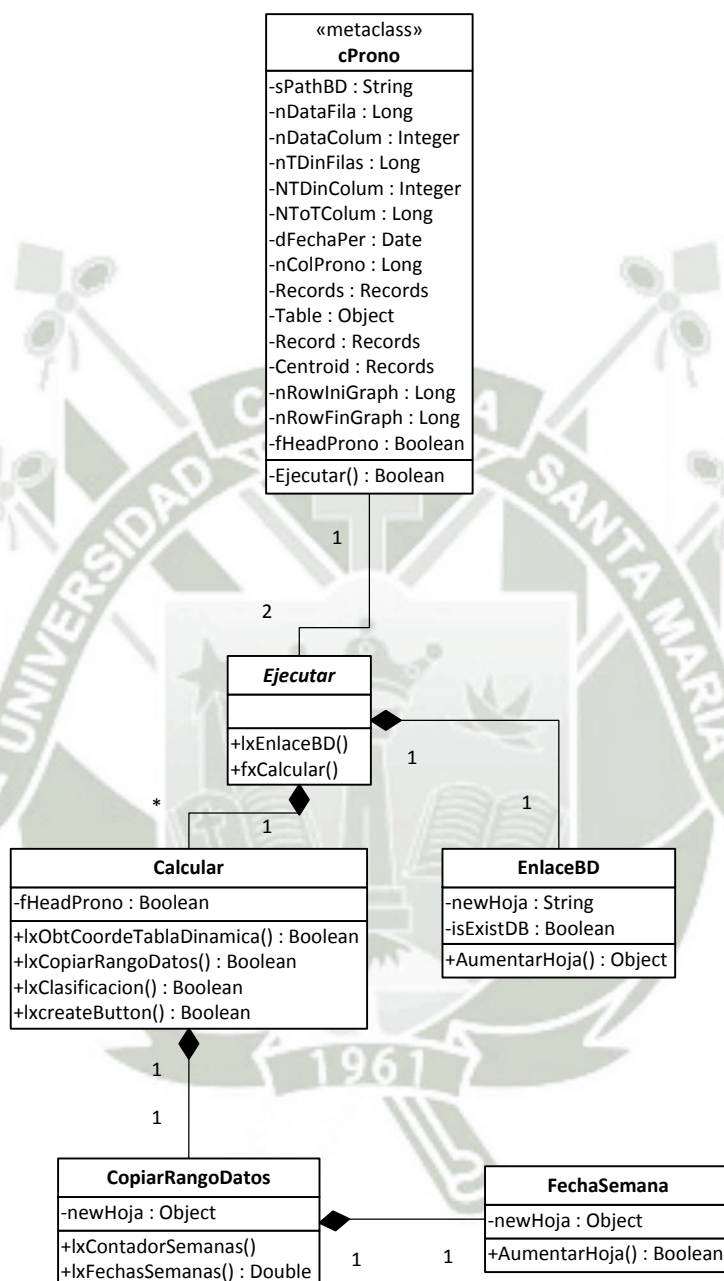


Ilustración 21 Diagrama de clases principales clases 3

Fuente: Elaboración propia

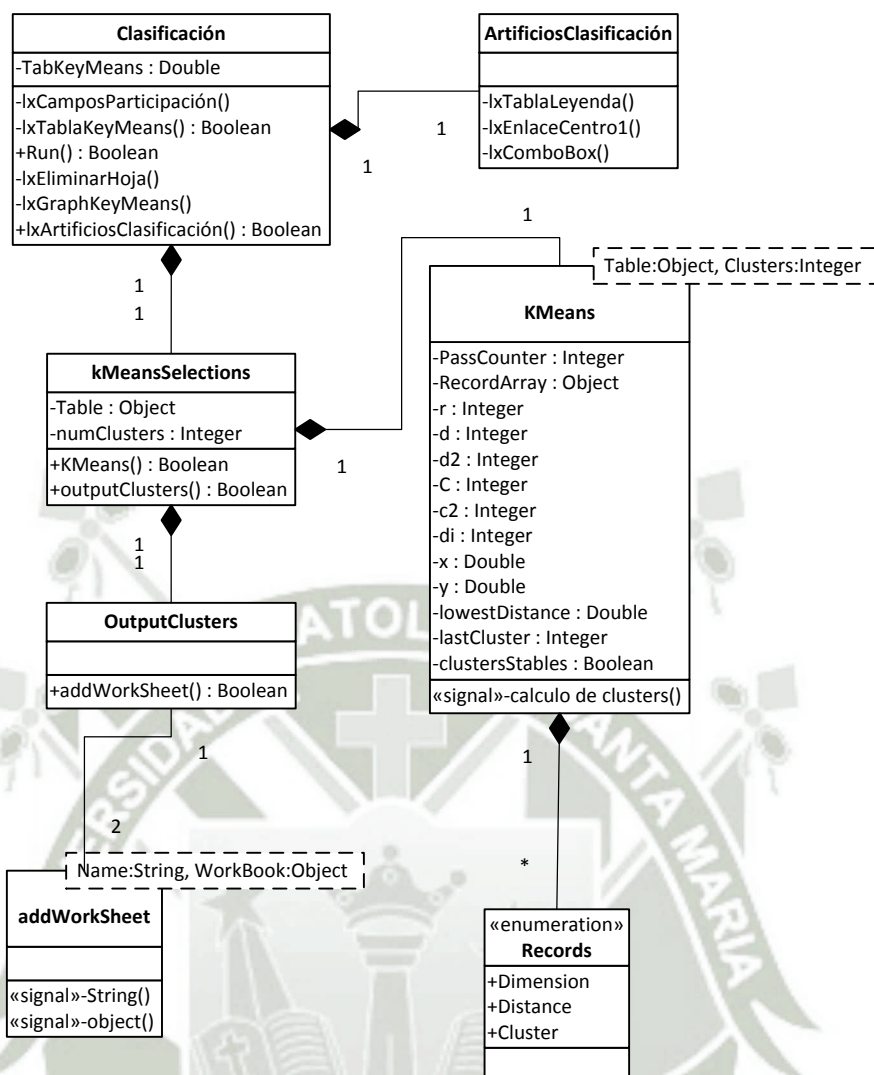


Ilustración 22 Diagrama de clases Principales clases 4

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

En esta sección se describen aspectos del sistema que son visibles por el usuario que no incluyen una relación directa con el comportamiento funcional del sistema. Los requerimientos no funcionales incluyen restricciones como el tiempo de respuesta (desempeño), la precisión, recursos consumidos, seguridad, etc.

01.- REQUERIMIENTOS DE INTERFAZ EXTERNA				
TIPO :	Necesario : X	No necesario	CRÍTICO :	Si
DESCRIPCIÓN				
Interfaces de Hardware : Computadores con procesadores Core(TM) i3 CPU – RAM 3GB o superiores Interface de Software: Sistema Operativo de 32 bits o más, Microsoft Windows 7 o superior. Bases de Datos : Oracle 10g, Ms Access Plataforma : Basada en Windows				
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN				

02.-REQUERIMIENTOS DE DESEMPEÑO				
TIPO :	Necesario : X	No necesario	CRÍTICO :	No
DESCRIPCIÓN				
Se requiere que la herramienta no consuma muchos recursos de procesamiento, memoria y de tiempo, y que el desempeño sea óptimo, considerando la cantidad de registros que se manejarán.				
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN				
Que pueda ejecutarse sin problemas con las descripciones solicitadas en el requerimiento de interfaz externa				

03.-REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD				
TIPO :	Necesario : X	No necesario	CRÍTICO :	No
DESCRIPCIÓN				
Se requiere que se proteja la información, que cuando el producto sea utilizado, pida contraseñas para los Demmand Planners y Managers Planners con doble autenticación a la herramienta y otra autenticación a la Base de Datos				
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN				

04.-REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DEL SOFTWARE				
TIPO :	Necesario :	No necesario : X	CRÍTICO :	No
DESCRIPCIÓN				
Se requiere que la herramienta tenga fácil disponibilidad, que sea eficiente en el uso de los recursos, que sea flexible para adicionar nuevos requerimientos al producto, que sea confiable, que sea usable (“amigable con los usuarios”), de fácil instalación, que sea portable, reusable.				
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN				
Sobre todo que tenga Integridad, que la herramienta proteja la información que es el activo más valioso.				

05.-RESTRICCIONES DE IMPLEMENTACIÓN				
TIPO :	Necesario : X	No necesario :	CRÍTICO :	Si
DESCRIPCIÓN				
Se requiere que la herramienta sea capaz de interactuar con otros sistemas y con diferentes bases de datos.				
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN				
Sobre todo que tenga Integridad, que la herramienta proteja la información que es el activo más valioso.				

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se presenta en la primera parte las principales interfaces externas de la herramienta, dentro de los cuales está el menú principal, el formulario de ingreso a la herramienta, la presentación de la consolidación y clasificación, el análisis de resultados y finalmente el gráfico dinámico. En la segunda parte del presente capítulo se muestra la configuraciones, complementos, enlaces, interfaz de enlace, y consideraciones que se debe tener para ejecutar la herramienta.

4.1 INTERFACES DE LA HERRAMIENTA

4.1.1 INGRESO A LA HERRAMIENTA

El ejecutar la herramienta, la primera pantalla que se mostrará es la siguiente, solicitando la identificación para la herramienta, habiendo sido ésta configurada por el administrador, además solicita la ruta para la base de Datos (DB ACCESS).

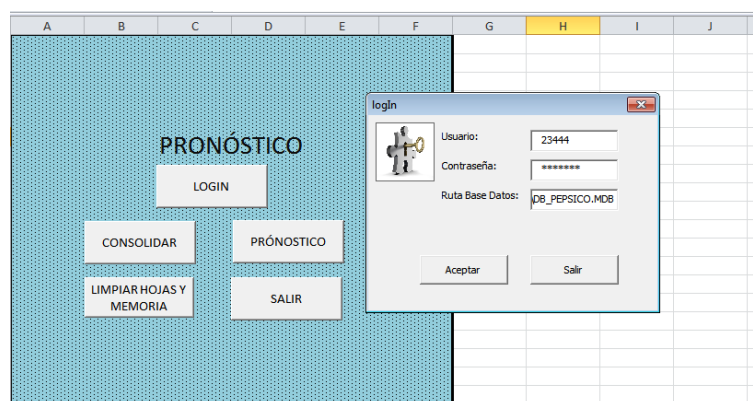


Ilustración 23 Vista Principal-Ingreso al sistema

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 MENÚ PRINCIPAL

El menú principal, tal como se solicitó en los requerimientos no funcionales, es sencillo y fácil de manejar.



Ilustración 24 Interfaz Sistema Menú Principal

Fuente: elaboración propia

4.1.3 CONSOLIDACIÓN Y CLASIFICACIÓN

Después de presionar el botón de consolidar, la herramienta utiliza un algoritmo de clasificación K-means y presenta la siguiente información, sugiriendo que las series temporales para los diferentes SKU se deberían agrupar de la siguiente manera, de acuerdo a la participación en el mercado que han tenido los productos, En el campo “Categoría” el demand planner confirma lo sugerido por la herramienta o cambia de acuerdo a criterios propios de estacionalidad, tendencia, factores externos, o estrategia de negocio.

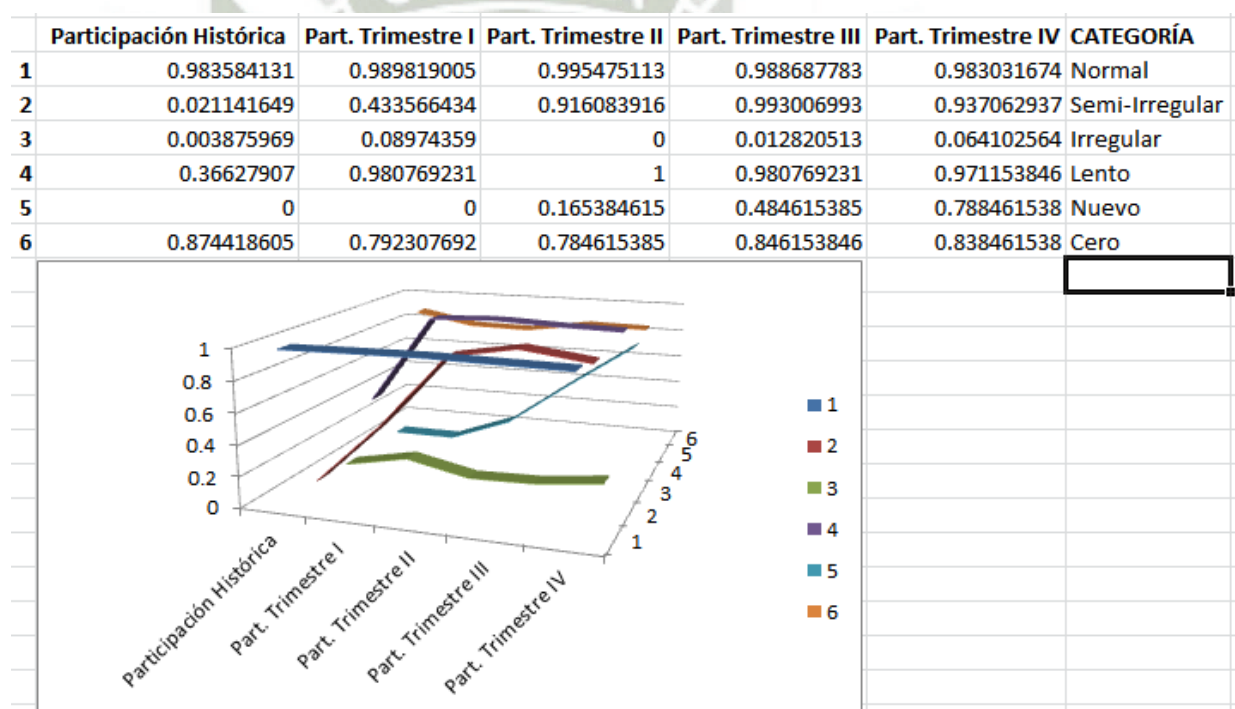


Ilustración 25 Interfaz de consolidación y clasificación

Fuente: Elaboración Propia

Las Categorías que se tienen son las siguientes:

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DE CATEGORÍA
Normal	9 meses o más de venta en los últimos 12 meses
Semi-Irregular	7 u 8 meses de venta en los últimos doce meses
Irregular	Máximo 6 meses de ventas en los últimos doce meses
Lento	Independiente de su frecuencia de ventas, las medias y las varianzas son pequeñas
Cero	Todas las demandas Cero -Sin Ventas en los 12 últimos meses
Nuevo	Artículos con menos de 4 meses de histórico

4.1.4 ANALISIS DE LIBRO DE CÁLCULOS

El sistema actualiza las categorías en todos los SKU y da la posibilidad de una última revisión ítem por ítem, antes de que se ejecute el pronóstico de los 3 siguientes meses.

	A	B	C	D	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX
1		1	2	3	94	95						
2		05/01/2012	12/01/2012	19/01/2012	24/10/2013	31/10/2013	Pronosticar					
3		ENERO										
4	SKU(SEEK KEEP UNIT)	1	2	3	42	43	Participaci	Part. Trimest	Part. Trimest	Part. Trimest	Part. Trimest	Categoría
5	BOLQUESOS 21G	133536	134688	139344	235248	275712	1	1	1	1	1	1 Normal
6	CHEESE TRIS 95G	6834	4148	5440	8262	11662	1	1	1	1	1	1 Normal
7	CHEESE TRIS QUESO 52G	208368	218160	202704	379956	366192	1	1	1	1	1	1 Normal
8	CHEESE TRIS TOCINETA 38G	17136	11704	23968	14336	13888	1	1	1	1	1	1 Normal
9	CHEETOS 15G DOC	9072	5544	336	8904	17976	0.95348837	1	1	1	1	1 Normal
10	CHEETOS 15G PACA	0	0	0	0	0	0.02325581	0	0	0	0	0 Cero
11	CHEETOS 56G	135036	136692	117720	165060	167832	1	1	1	1	1	1 Normal
12	CHEETOS BICHEETOS 23G	5985	6885	18135	10935	3060	1	1	1	1	1	1 Normal
13	CHEETOS GARRAS 23G	3690	4005	6120	4590	4140	0.97674419	1	1	1	1	1 Normal
14	CHEETOS SORPRESA POLLO 38G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07692308 Cero
15	CHICHARRON AMERICANO 13 GR. DOC DTS	23880	21120	21360	15960	19020	1	1	1	1	1	1 Normal
16	CHICHARRON NATURAL GIGANTE	1310	1050	1070	670	760	1	1	1	1	1	0.92307692 Normal
17	CHIPSOS	720	1008	2736	576	2592	0.97674419	0.84615385	1	0.92307692	0.84615385	Normal
18	CHOCLOTO LIMON 240G	12624	16080	16384	27888	26138	1	1	1	1	1	1 Normal
19	CHOCLOITOS AREPA 27G	0	0	0	0	0	0	0	0.30769231	0.69230769	0.61538462	Normal
20	CHOCLOITOS EMPANADA 28G	0	0	0	0	0	0	0	0.30769231	0.69230769	0.53846154	Normal
21	CHOCLOITOS LIMON 29G DOC DTS	301644	363480	332388	624564	542160	1	1	1	0.92307692	1	1 Normal

Ilustración 26 Interfaz de categorías

Fuente: elaboración propia

4.1.5 INTERFAZ DE PRONÓSTICO

Cuando se ejecuta la función de pronósticos, la herramienta completa el libro de cálculos los pronósticos de todos los SKU por los siguientes 3 meses horizonte, utilizando el algoritmo Holt-Winters como algoritmo principal y los casos especiales toma los diferentes métodos estadísticos explicados en el marco Teórico.

	A	B	C	D	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG
1		1	2	3	97	98	99	100	101	102	103	104
2		05/01/2012	12/01/2012	19/01/2012	PRONÓSTICOS							
3		ENERO			DICIEMBRE							
4	SKU(SEEK KEEP UNIT)	1	2	3	45	46	47	48	49	50	51	52
5	BOLQUESOS 21G	133536	134688	139344	128097.75	166782.032	235627.519	39690.7531	152334.64	204131.78	111905.772	23537.8504
6	CHEESE TRIS 95G	6834	4148	5440	5422.55237	8721.12412	10676.8688	885.985152	6303.25805	7783.47806	6548.25578	1509.81623
7	CHEESE TRIS QUESO 52G	208368	218160	202704	200844.715	261449.556	385110.335	43165.3227	206805.701	332371.916	202935.603	35381.4405
8	CHEESE TRIS TOCINETA 38G	17136	11704	23968	9938.95346	12191.482	12773.595	5102.87643	11244.1461	9113.67456	9338.18139	670.095074
9	CHEETOS 15G DOC	9072	5544	336	7760.8782	6519.54766	5660.93836	6167.57965	4418.72071	10045.9288	4840.47488	3963.23623
10	CHEETOS 15G PACA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	CHEETOS 56G	135036	136692	117720	96294.1481	92019.4276	180165.233	32705.0894	124882.72	134046.391	122783.035	31720.498
12	CHEETOS BICHEETOS 23G	5985	6885	18135	1927.1499	7383.79009	5151.12098	669.221961	6959.49334	4348.23963	7778.57461	27.7431267
13	CHEETOS GARRAS 23G	3690	4005	6120	2522.83827	4472.86812	4372.02242	1873.19962	2673.60347	2684.77523	994.74222	31.8302279
14	CHEETOS SORPRESA POLLO 38G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	CHICHARRON AMERICANO 13 GR. DOC DTS	23880	21120	21360	12024.5207	13039.3482	28572.0929	5480.788	24655.6588	26375.2507	28624.24	7447.86265
16	CHICHARRON NATURAL GIGANTE	1310	1050	1070	773.48799	999.237052	1246.95257	332.425666	1336.4278	1063.90034	714.328828	89.1725422
17	CHIPOS	720	1008	2736	999.422308	1054.94415	5463.24744	0.05020985	424.660183	554.009694	1489.96598	0.04597239
18	CHOCILITO LIMON 240G	12624	16080	16384	15320.1708	24389.9678	28336.8827	8450.84248	22638.0207	30158.1886	28893.7519	844.553573
19	CHOCILITOS AREPA 27G	0	0	0	7005.14991	7164.35559	7323.56127	7482.76695	7641.97263	7801.17831	7960.38399	8119.58967
20	CHOCILITOS EMPANADA 28G	0	0	0	7644.25385	7817.98462	7991.71538	8165.44615	8339.17692	8512.90769	8686.63846	8860.36923
21	CHOCILITOS LIMON 29G DOC DTS	301644	363480	332388	258591.519	423645.327	525705.04	92670.5853	278488.968	355431.894	389643.923	29437.3287
22	CHOCILITOS LIMON 29G DOC OT	48924	50220	31428	30574.0025	30683.5256	49317.9978	10468.9162	28139.2019	54432.9348	26957.9562	7371.28255
23	CHOKIS 21G DP	44928	52992	38208	40266.3777	58494.5963	83762.0872	19492.6898	54073.5265	75912.5931	61126.2295	6935.63213
24	DETODITO 4 CRIOLLO 45G	0	0	0	14442.8277	27408.3887	25468.7251	3629.00436	9061.33925	14948.2876	15064.0907	3733.67788

Ilustración 27 Resultados de pronósticos

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 INTERFAZ DE GRÁFICOS

La herramienta inserta gráficas donde el usuario puede seleccionar el SKU que desea y ver el pronóstico de forma sencilla.

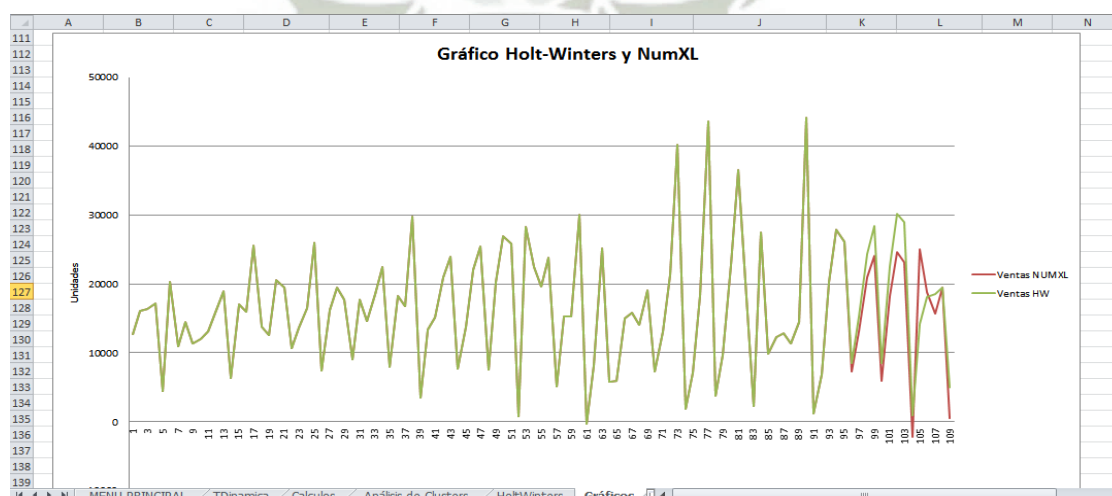


Ilustración 28 Interfaz de Gráficos

Fuente: elaboración propia

4.2 CONFIGURACIÓN DE LA HERRAMIENTA

4.2.1 ESTABLECER SEGURIDAD EN MACROS

De manera predeterminada Excel no permite ejecutar macros automáticamente. Haz clic en la ficha Archivo y posteriormente en Opciones. Dentro del cuadro de diálogo mostrado selecciona la opción **“Centro de confianza”** y posteriormente pulsa el botón **“Configuración del centro de confianza”**. Se mostrará el cuadro de diálogo **“Centro de confianza”**.

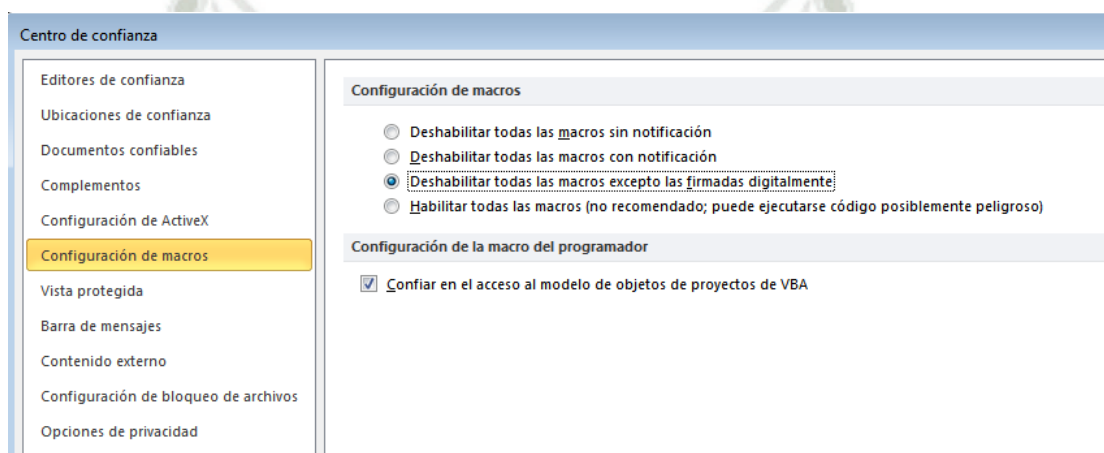


Ilustración 29 Centro de confianza de Macros

Fuente: Captura de pantalla de Microsoft Excel

Y elegir la opción de **“Deshabilitar todas las macros excepto las firmadas digitalmente”**. Solamente se podrán ejecutar las macros que están firmadas digitalmente, para no correr riesgos que en el equipo entren códigos maliciosos que puedan destruir información.

4.2.2 AGREGAR COMPLEMENTO SOLVER

1. Haga clic en el botón de Microsoft Office y, a continuación, haga clic en Opciones de Excel.
2. Haga clic en Complementos y, en el cuadro Administrar, seleccione Complementos de Excel y luego en el botón Ir.
3. En el cuadro Complementos disponibles, active la casilla de verificación Complemento Solver y, a continuación, haga clic en Aceptar.

Sugerencia Si Complemento Solver no aparece en la lista del cuadro Complementos disponibles, haga clic en Examinar para buscar el complemento, o descargarlo de la página Microsoft sin costo alguno e instalarlo. Una vez cargado el complemento Solver, el comando Solver estará disponible en el grupo Análisis de la ficha Datos.

4.2.3 AGREGAR SOLVER COMO LIBRERÍA

Agregar la referencia de solver al ambiente de desarrollo nos permitirá ejecutar sus diferentes funciones dentro de las subrutinas, funciones y/o clases en la implementación del pronosticador.

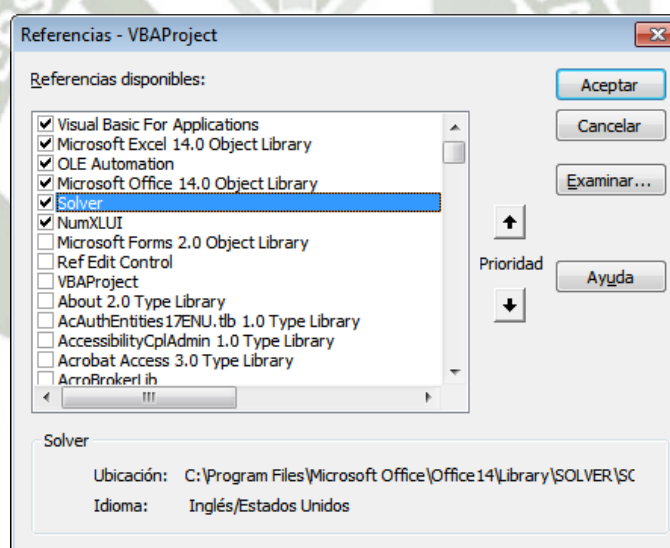


Ilustración 30 Librerías de VBA-Project

Fuente: Captura de pantalla de Microsoft Excel

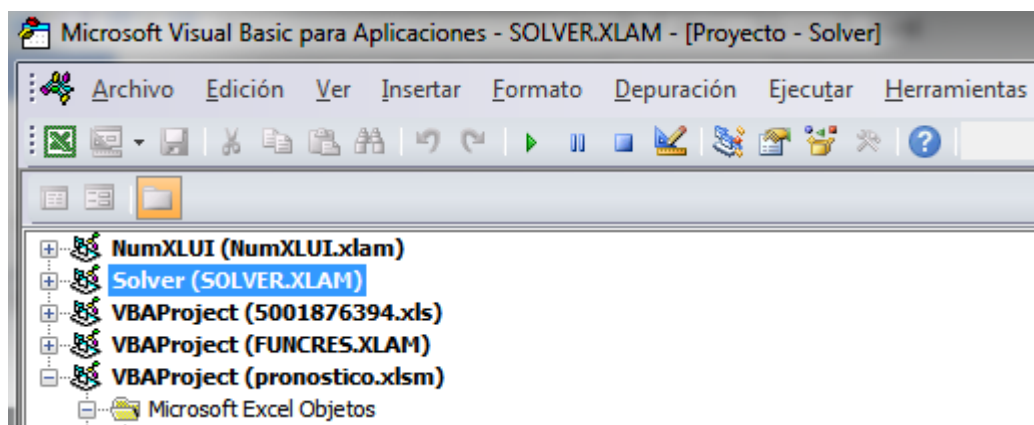


Ilustración 31 Solver.xlam

Fuente: Captura de pantalla de Microsoft Excel

4.2.4 PARÁMETROS DE SOLVER

Para configurar parámetros Solver, existen 2 vías, la primera a través del cuadro de dialogo de Parámetros de Solver y la segunda a través de código VBA, para el siguiente trabajo hemos utilizado la programación de VBA para llenar los parámetros.

- A. **Primera Opción:** esta opción está desarrollada para usuarios con conocimiento básico de Excel.
1. En el menú Herramientas, haga clic en Solver.
 2. En el cuadro Celda objetivo, introduzca una referencia de celda o un nombre para la celda objetivo.
 3. Para que el valor de la celda objetivo sea el valor máximo posible, haga clic en Máx., de ser un valor mínimo en Min o de tener un valor determinado, haga clic en Valor.
 4. En el cuadro Cambiando la celda, introduzca un nombre o referencia para cada celda ajustable, separando con comas las referencias no adyacentes. o presione el botón Estimar
 5. Introduzca todas las restricciones que desee aplicar.
 6. Haga clic en Resolver.

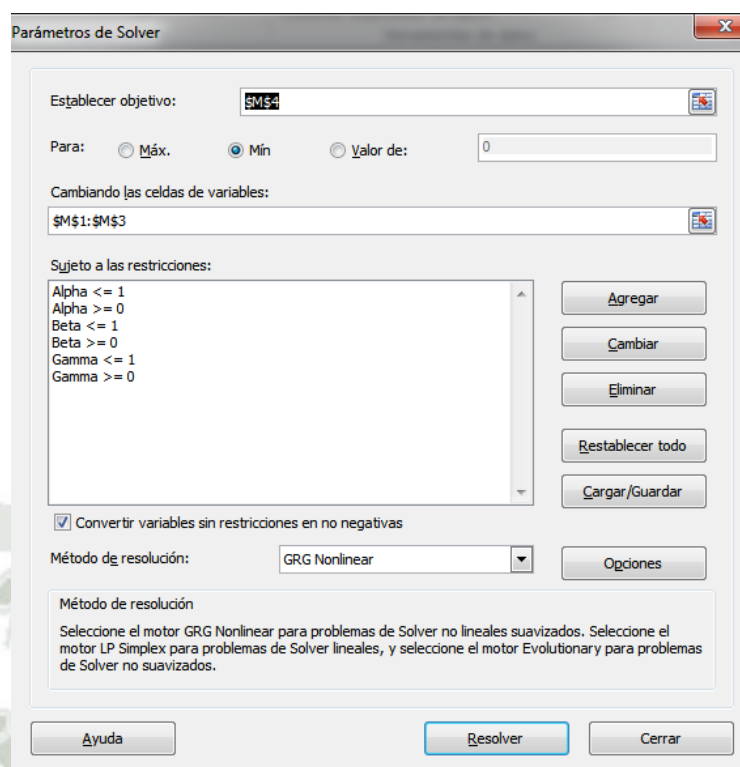


Ilustración 32 Parámetros Solver

Fuente: Captura de pantalla de Microsoft Excel

B. Segunda Opción Para el presente trabajo, en la herramienta de forma automática se define todos los parámetros de la siguiente forma.

```
SolverReset
SolverOk SetCell:="$M$4", MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,
ByChange:="$M$1:$M$3", _
Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
SolverAdd CellRef:="$M$1", Relation:=1, FormulaText:="1"
SolverAdd CellRef:="$M$1", Relation:=3, FormulaText:="0"
SolverAdd CellRef:="$M$2", Relation:=1, FormulaText:="1"
SolverAdd CellRef:="$M$2", Relation:=3, FormulaText:="0"
SolverAdd CellRef:="$M$3", Relation:=1, FormulaText:="1"
SolverAdd CellRef:="$M$3", Relation:=3, FormulaText:="0"
SolverOk SetCell:="$M$4", MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,
ByChange:="$M$1:$M$3", _
Engine:=1, EngineDesc:="GRG Nonlinear"
SolverSolve (True)
```


4.2.5 INTERCAMBIO DE DATOS

Para poblar la base de datos de la cual la herramienta obtiene información, en el presente trabajo se utiliza un DATABROKER, el cual es una aplicación propia de la compañía en la cual se está aplicando esta herramienta, sin embargo se puede realizar el proceso mediante una exportación e importación de la información a través de un blog de notas o un Excel.

El Databroker es una aplicación para el manejo de consistencias de datos entre aplicaciones, también habilita el intercambio de datos y comparaciones, y puede ser utilizado en múltiples bases de datos.

En este trabajo se está aplicando el método de intercambio basado en la comparación de registros, en la cual el databroker es un “middleman” o un intermediario habilitando los intercambios de datos, El data bróker compara los datos tanto en el envío y como la recepción de las otras aplicaciones.

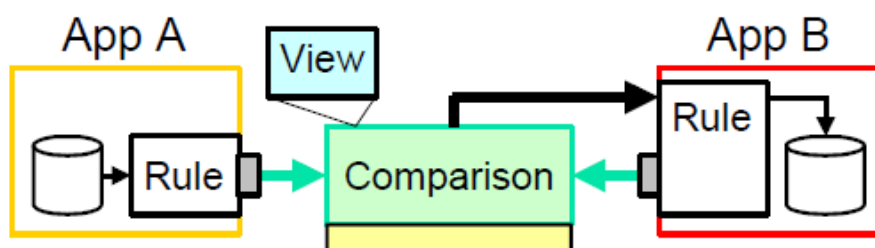


Ilustración 33 Diagrama de configuración de intercambio de datos

Fuente: Elaboración diagrama encontrado en Google

4.2.6 CONFIGURACIÓN DE INTERFACES DE DATABROKER

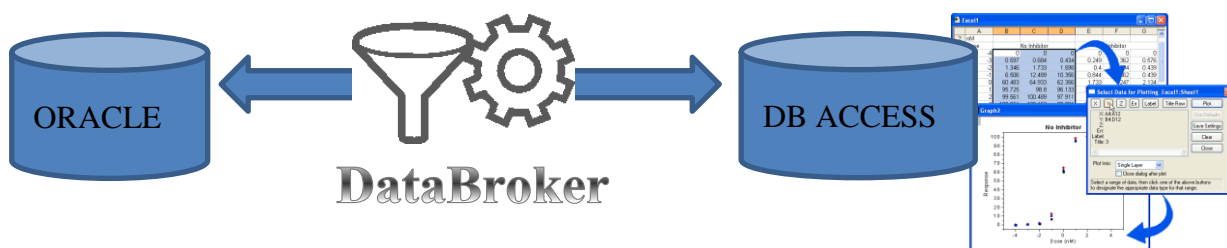


Ilustración 34 Diagrama de intercambio ERP-Access

Fuente: Elaboración propia

4.2.7 PANTALLAS DE DATABROKER

La siguiente pantalla muestra los principales modos de transferencia (ADD,CHANGE, DELETE) del DataBroker con el cual la data es transferida hacia la herramienta.

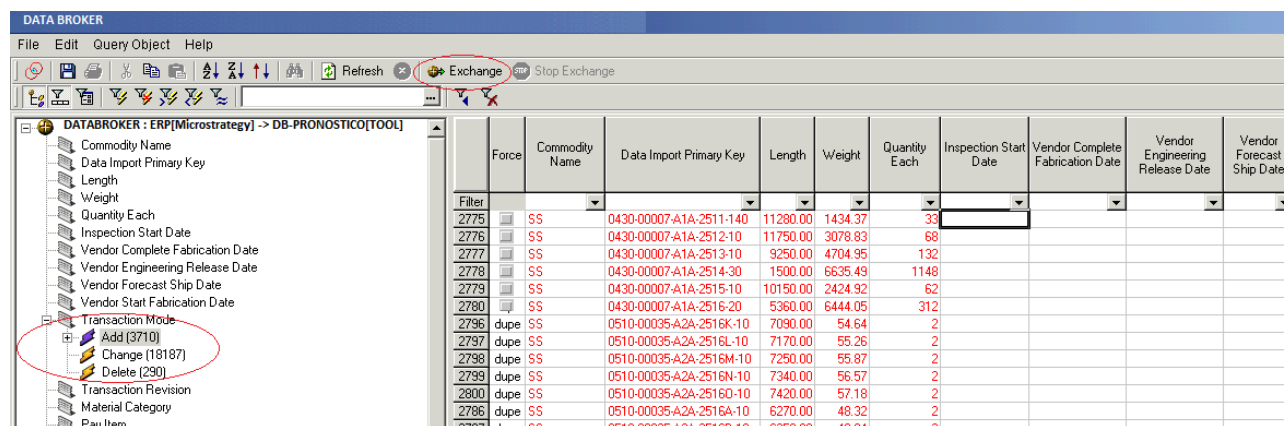


Ilustración 35 Interfaz de Databroker

Fuente: Elaboración propia, captura de pantalla de Databroker

4.2.8 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DE INTERFAZ

La tabla siguiente muestra configuración de la interfaz del S&P(Sales y Procurement) ventas y abastecimiento, databroker y MS Access, cabe recalcar que la definición de los campos fueron solicitados vía requerimiento con la sintaxis presente por IT.

Microstrategy
SAP [Microstrategy -> Tool Forecast]
VE01

Revision 1

Nombre del Intercambio: DX: [Forecasting_S&O]: [ERP]Microstrategy -> [Tool]Forecasting

Aplicación remitente SAP (Sales and procurement)		DATABROKER	Aplicación de destino DB ACCESS				
Nombre de tabla de entrada			Nombre de tabla de entrada Data				
Nombre de tabla de salida SP_KARDEX_INV(Inventarios)			Nombre de tabla de salida Enlace directo a Excel				
Column Name	Data Type	RDM Attribute	RDM Description	Default Value/ Primary Key	Receiver Column Name In	Receiver Column Name Out	Data Length
AÑO	VARCHAR2	szYear	YEAR		DATA_AÑO		4
MES	VARCHAR2	szMonth	MONTH		DATA_MES		15
SEMANA	VARCHAR2	szWeek	WEEK		DATA_SEMANA		2
DÍA	DATE	szDate	DATE		DATA_DIA		mm/dd/yyyy
CATEGORIA	VARCHAR2	szType	TYPE		CATEGORIA		30
ITEM	VARCHAR2	szItem	ITEM		DATA_ITEM		80
DESCRIPTION	VARCHAR2	szDescription	DESCRIPTION		DATA_DESCRIPTION		120
ITEM FINAL	VARCHAR2	szDescription	FINAL DESCRIPTION		DATA_ITEMFINAL		120
UNIDAD MINIMA	LONG	szDays sales	QUANTITY OF SALES		DATA_UNIDADMIN		10
SKU	VARCHAR2	szSeckillupUnit	ID	Primary Key	DATA_SKU		10

NOTES
1. Fuente: Elaboración propia

NOTES
1. Fuente : Elaboración propia

Ilustración 36 Interfaz de intercambio de Datos ERP BD

Fuente: Elaboración propia

Enlace de herramienta a Base de Datos

En caso que se requiera generar la cadena de conexión de manera manual, los parámetros para el presente trabajo serían los siguientes, sin embargo la herramienta autogenera su propia conexión indicando la ruta de la BD.

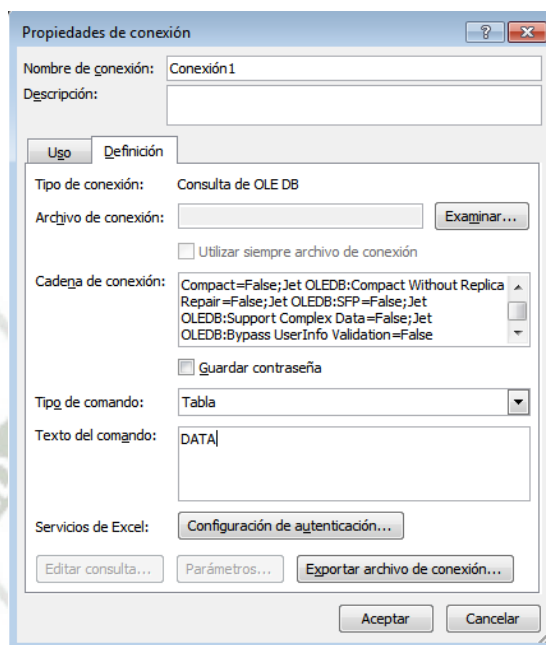


Ilustración 37 Cadena de conexión

Fuente: Elaboración propia, captura de pantalla de Microsoft Excel

Cadena de conexión

```
Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;User ID=Admin;Data Source=F:\DB_PEPSICO.mdb;Mode=Share Deny Write;Extended Properties="";Jet OLEDB:System database="";Jet OLEDB:Registry Path="";Jet OLEDB:Engine Type=5;Jet OLEDB:Database Locking Mode=0;Jet OLEDB:Global Partial Bulk Ops=2;Jet OLEDB:Global Bulk Transactions=1;Jet OLEDB:New Database Password="";Jet OLEDB:Create System Database=False;Jet OLEDB:Encrypt Database=False;Jet OLEDB:Don't Copy Locale on Compact=False;Jet OLEDB:Compact Without Replica Repair=False;Jet OLEDB:SFP=False;Jet OLEDB:Support Complex Data=False;Jet OLEDB:Bypass UserInfo Validation=False
```

4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE HOLT WINTERS

En la descripción teórica del modelo vemos que el método de Holt-Winters se define mediante las ecuaciones recursivas (13, 14,15) que actualizan en cada periodo el nivel L_t , la tendencia T_t y la estacionalidad S_t , respectivamente.

En aquel momento quedaron abiertas dos cuestiones: la elección de los valores con los que inicializar, el proceso y la estimación de los parámetros α ; β ; γ y que participan en dichas ecuaciones a modo de pesos. En lo que sigue damos respuesta a ambos aspectos.

Observamos que el método de Holt-Winters es una técnica iterativa que no se basa en ningún tipo de hipótesis probabilística por lo que no es necesaria una validación del modelo.

4.3.1 Valores Iniciales

Con el fin de inicializar el procedimiento de actualización se deben proporcionar valores iniciales para el nivel, la tendencia y la componente estacional pero existen múltiples maneras de elegirlos. Algunas son más sofisticadas y conllevan mayor complejidad en la implementación mientras que otras vienen dadas por fórmulas muy simples. Unas utilizan todos los datos disponibles (valores iniciales globales) mientras que otras sólo se valen de los primeros años (valores iniciales locales).

Si bien es cierto que no son siempre los mismos valores iniciales los que mejor funcionan, Chatfield y Yar [CCHWF5] recomiendan usar aquellos calculados a partir de los primeros datos. Para series estables o con tendencia global los valores globales, calculados teniendo en consideración todas las observaciones disponibles, son más adecuados. No obstante, las previsiones obtenidas con valores locales serán similares, de modo que la elección entre unos y otros no es crítica.

Sin embargo, para series que presentan un comportamiento más cambiante los valores globales son menos flexibles y, por consiguiente, menos “capaces” de recoger los cambios. Además, el método de Holt-Winters está diseñado para lidiar con tendencias lineales locales, lo cual sugiere el uso de tan solo las primeras observaciones para inicializar el proceso.

Si se diera una tendencia global, el procedimiento de actualización enseguida dará cuenta de ella cualesquiera que fueran los valores iniciales. Si, por el contrario, no hubiera tendencia global el uso de valores iniciales globales resultaría ilógico. Por todo esto, parece claro que los valores que inicialicen el proceso iterativo deberán provenir únicamente de las primeras observaciones de la serie. Por supuesto, para los valores calculados sólo con los datos del comienzo de la serie también hay diferentes posibilidades. Ninguna de ellas destaca por ser mejor que el resto en todos los casos pero para nuestro estudio tomaremos los valores propuestos por Makridakis et al. [SMWH13] ya que resultan bastante intuitivos y sencillos de implementar. Hacen uso de 52 datos correspondientes al primer año de observación y se calculan según las siguientes expresiones:

$$L_0 = \bar{y}_t$$

Ecuación 13 Valor Inicial de la constante Holt-Winters

$$T_0 = \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{52}$$

Ecuación 14 Valor Inicial de la Tendencia Holt-Winters

$$S_{t-15} = \frac{y_t}{\bar{y}_1}, \quad t = 1, \dots, 52$$

Ecuación 15 Valor Inicial de la Estacionalidad Holt-Winters

Donde \bar{y}_i es la media aritmética de las ventas del año i -ésimo. De este modo, el nivel inicial se toma como la media de las ventas del primer año y la tendencia inicial como el cambio medio por mes entre los datos del primer y el segundo año. Por su parte, los 52 valores iniciales de la componente estacional provienen de comparar la observación apropiada del primer año respecto a la venta media del primer año.

4.3.2 Elección de parámetros de alisado (α ; β ; γ)

Finalmente, es necesario fijar los valores de las constantes de alisado α ; β y γ . Puesto que lo más deseable es crear un método de previsión que tenga el menor error posible en un determinado periodo de tiempo, nuestro objetivo es seleccionar los valores de las constantes de alisadas asociadas al menor error de predicción.

El procedimiento más usual, y al que nosotros recurriremos, consiste en minimizar la media de la suma de los cuadrados de los errores de previsión un paso hacia adelante sobre un periodo de ajuste para el que se disponga de datos históricos. Es decir, hallar los valores de α ; β y γ que minimicen la función suma de los errores al cuadrado (MSE).

$$MSE(\alpha, \beta, \gamma) = \sum_t^N \epsilon_t^2 = \sum_{t=1}^N (Y_t - \hat{Y}_t | t-1)^2$$

Ecuación 16 MSE media de la suma de los cuadrados

Otra opción más sencilla pero mucho menos recomendable es fijar los parámetros de antemano. A menudo se sugiere que las constantes deberán estar en el intervalo (0.1, 0.3) pero esta elección es arbitraria. Valores situados en dicho rango conducen a previsiones que dependen de un gran número de observaciones pasadas. Valores cercanos a 1, en cambio, producen predicciones que dependen mucho más de los datos recientes. Vemos así que los pronósticos que se obtendrán estarán condicionados en gran medida por los parámetros de alisados escogidos. Por eso, resulta conveniente hacer la elección en base a algún criterio como el comentado más arriba.

4.3.3 Agregar librerías para instalación

La herramienta queda lista con sólo importar las librerías cProno, y enlazando las referencias del complemento Solver, y NumXL.

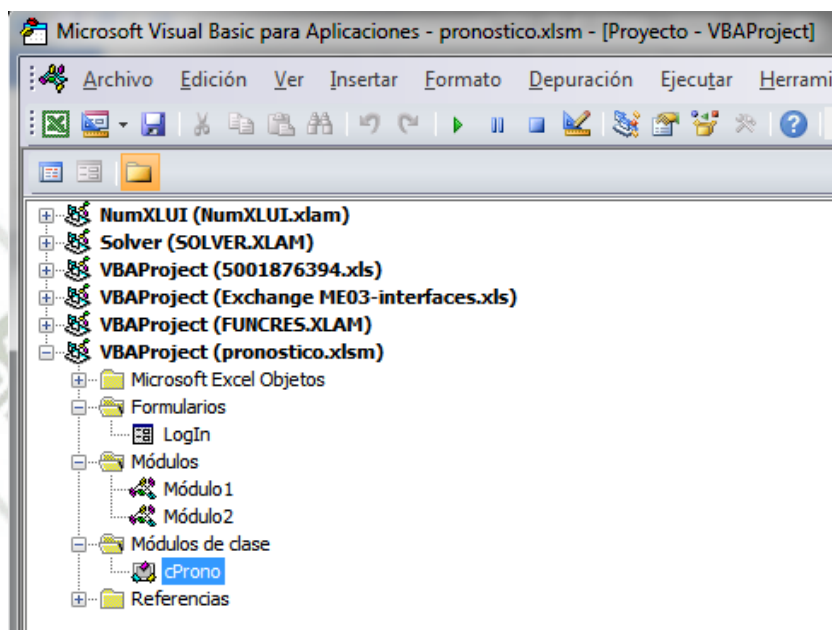


Ilustración 38 clase cProno clase e importación

Fuente: Elaboración propia captura de pantalla de Microsoft Excel

CAPITULO V

VALIDACIÓN

5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Los indicadores que miden la variable dependiente son los siguientes:

- A. Dinámico
- B. Flexible
- C. Legible
- D. Eficiente

Y para la evaluación de los indicadores de la variable dependiente, se realizó una encuesta en la que se tomó a los siguientes profesionales:

5.2 POR EXPERTOS

Son profesionales expertos que laboran actualmente en empresas tanto nacional e internacional, y que continuamente enfrentan el proceso de la planeación de la demanda.

5.3 PERFIL DE EXPERTOS

EXPERTO N°1

NOMBRE: Nazia Helen Gutiérrez Gamboa

EMAIL: nhgutier@bechtel.com

PROFESIÓN: Ingeniería Industrial

GRADO ACADÉMICO: Bachiller en Ingeniería Industrial

CENTRO LABORAL: Bechtel Overseas Incorporated

CARGO ACTUAL: Materials Planning Specialist

PAIS: Perú

EXPERTO N°2

NOMBRE: Gino, Escate Carruitero

EMAIL: gino.escate@yanbalint.com

PROFESIÓN:

GRADO ACADÉMICO: Master in Supply Chain Management&Logistics

CENTRO LABORAL: Yambal Int.

CARGO ACTUAL:

PAIS: Perú

EXPERTO N°3

NOMBRE: Bernardo Hargous Petres

EMAIL: b.hargous@gmail.com

PROFESIÓN: Ingeniería Civil e Industrial

GRADO ACADÉMICO: Master in Supply Chain Management&Logistics

CENTRO LABORAL: PepsiCo - Chile

CARGO ACTUAL: Jefe de Supply Chain

PAIS: Chile

EXPERTO N°4

NOMBRE: Daysy Gabriela, Betancourt Bastidas

EMAIL: daygabe77@hotmail.com

PROFESIÓN: Ingeniería comercial

GRADO ACADÉMICO: Master in Supply Chain Management&Logistics

CENTRO LABORAL: corporación nacional de telecomunicaciones CNT EP

CARGO ACTUAL: jefe nacional de logística

PAIS: Ecuador

EXPERTO N°5

NOMBRE: Sergio Paul Romero Gil

EMAIL: sergio.romero11@pepsico.com; sergio.romero11@hotmail.com

PROFESIÓN: Ingeniería Industrial

GRADO ACADÉMICO: Master in Supply Chain Management&Logistics

CENTRO LABORAL: PepsiCo - Colombia

CARGO ACTUAL: Planificador de la demanda S&O

PAIS: Colombia

EXPERTO N°6

NOMBRE: Juan Marcos Venegas

EMAIL: jmveneg@bechtel.com

PROFESIÓN: Ingeniería Civil

GRADO ACADÉMICO: Ingeniero

CENTRO LABORAL: Bechtel Overseas Inc.

CARGO ACTUAL: Materials Management

PAIS: Chile

EXPERTO N°7

NOMBRE: Gustavo Cornejo Malpartida

EMAIL: gcmalpa@bechtel.com

PROFESIÓN: Ingeniería de Sistemas

GRADO ACADÉMICO: Ingeniero

CENTRO LABORAL: Bechtel Overseas Inc.

CARGO ACTUAL: Materials Management

PAIS: Perú

La realización de las encuestas se hizo de forma online, y se escogieron a las personas anteriormente mencionadas porque tienen experiencia en el campo de la planeación de la demanda, y básicamente son ellos los expertos que realizan los pronósticos en sus empresas respectivas.

Se realizaron los siguientes pasos para la toma de encuesta:

- Se hizo una breve introducción del problema y de la solución propuesta.
- Se mostró un video tutorial que explica la instalación y uso de la herramienta.
- Se hizo un ejemplo práctico con datos tipo.
- Se tomó la encuesta.

5.5 MOSTRAR RESULTADOS

5.5.1 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

A continuación detallaremos los resultados de la encuesta tomadas a profesionales de la cadena de abastecimiento (ANEXO A) según cada indicador:

DINÁMICO

Para comprobar el grado dinámico de la herramienta se hizo las siguientes consultas

- En qué grado le parece dinámica la herramienta?
- En qué grado cree Ud. Que la herramienta se adapta a la salida y entrada de nuevos productos en el mercado?
- En qué grado considera Ud. Que la herramienta se adapta a su tipo de negocio.

Para lo cual se presenta la siguiente matriz de respuestas en el orden respectivo a las preguntas anteriores por los 6 profesionales escogidos.

	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
a.	66.7%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%
b.	83.3%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%
c.	66.7%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%

Tabla 1 Toma de datos del indicador Dinámico

Fuente: Elaboración propia

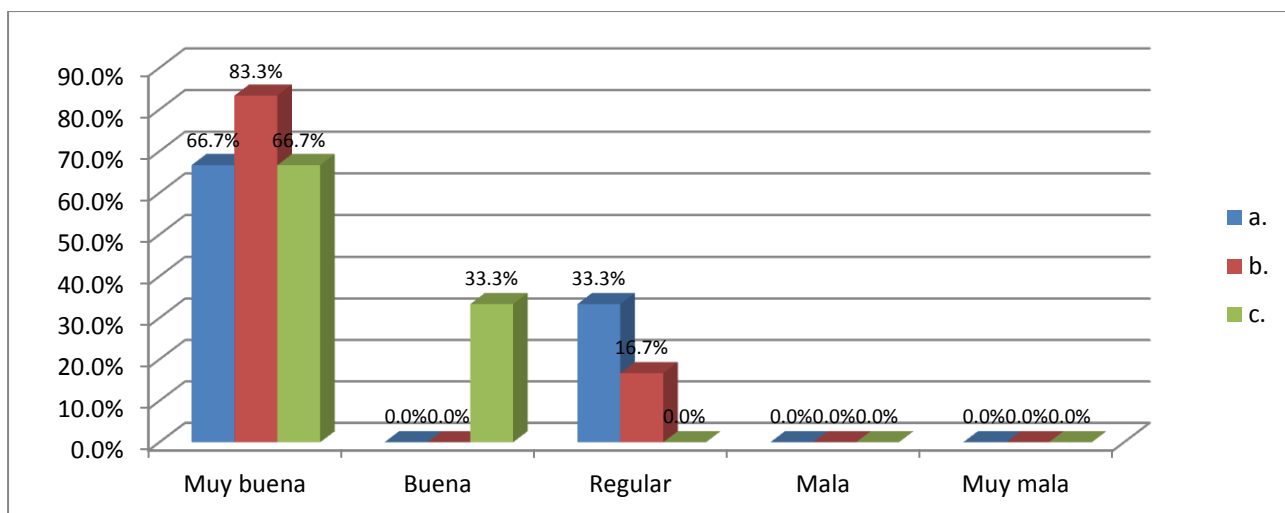


Ilustración 39 Gráficos de los resultados Dinámicos

Fuente: Elaboración Propia

- Interpretación a la pregunta (a): Un 66% piensa que la herramienta es muy dinámica, mientras que un 33% piensa que es regular:
- Interpretación a la pregunta (b): Un 83% afirma que la herramienta es adaptable a la entrada y salida de nuevos productos, mientras que un 16.7% afirma que la herramienta es regular en la adaptación.
- Interpretación a la pregunta (c) : Un 66% piensa que la herramienta se adapta fácilmente a cualquier negocio, mientras que un 33% piensa que es regular.

FLEXIBLE

Para comprobar el grado de flexibilidad de la herramienta se hizo las siguientes consultas

- La herramienta brindada puede ser editable:
- La herramienta puede permitir seguir implementándose funciones agregadas a través del ambiente programador (VBA):
- Consideraría Ud. Utilizarla en su empresa, como una herramienta flexible?

	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	SI	NO
d.	83.3%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
e.	83.3%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
f.	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%

Tabla 2 Toma de datos del indicador Flexible

Fuente: Elaboración propia

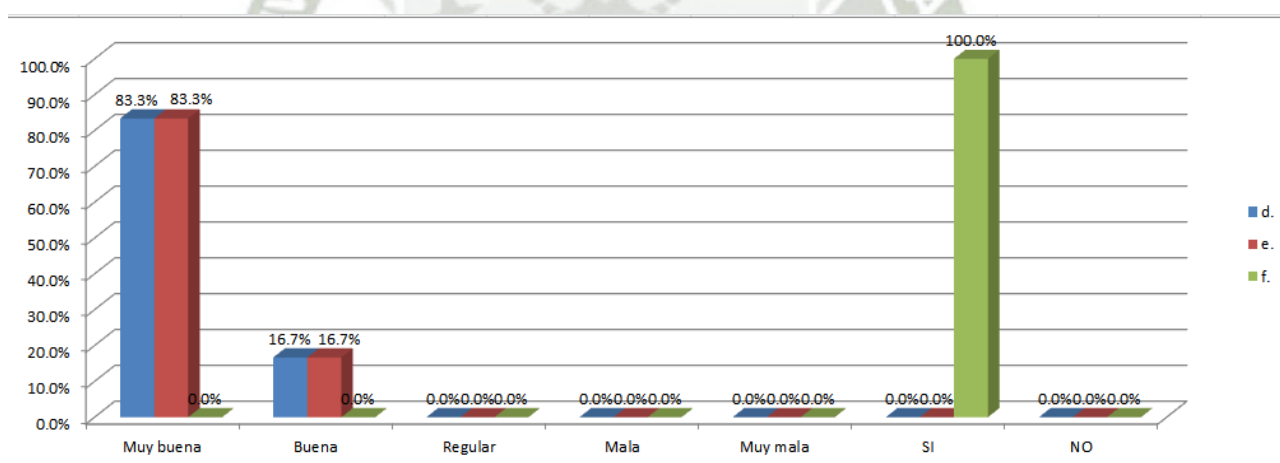


Ilustración 40 Gráfico de resultados Flexibles

Fuente: Elaboración Propia

- Interpretación a la pregunta (d): El 83% de las personas encuestadas creen que la herramienta es editable en un grado “Muy bueno” y que se puede realizar cambios de forma sencilla, mientras que un 16.7% cree que es una “Buena” herramienta editable.
- Interpretación a la pregunta (e): El 83% de las personas encuestadas creen que la herramienta se puede seguir

implementándose nuevas funciones y que puede crecer en un grado “Muy bueno” y que se puede realizar cambios de forma sencilla, mientras que un 16.7% cree que es una “Buena” herramienta para seguir creciendo en funciones.

- Interpretación a la pregunta (f): El 100% de los encuestado usaría la herramienta en su empresa como herramienta flexible y manipulable.

LEGIBLE

Para comprobar el grado de legibilidad de la herramienta se hizo las siguientes consultas

- En qué grado considera Ud. Que navegar por los menús es sencillo?.
- Es fácil la lectura de la información en un entorno de hoja de Cálculo?
- Considera Ud. Que la información es legible y comprensible?.

	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	SI	NO
g.	83.3%	16.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
h.	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
i.	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%

Tabla 3 Toma de datos del indicador Legible

Fuente: Elaboración propia

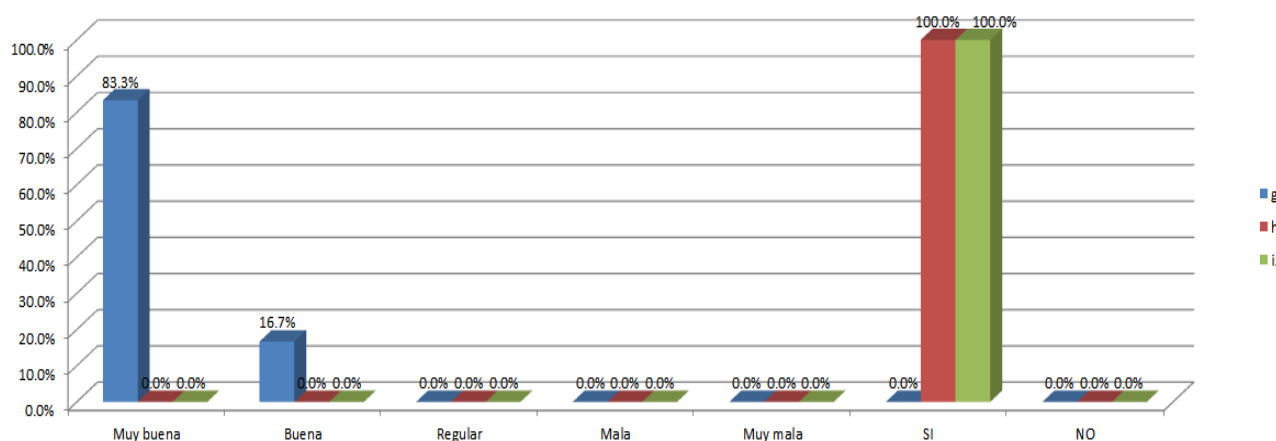


Ilustración 41 Gráficos de resultado de indicador Legibles

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación a la pregunta (g) : El 83% de los encuestados cree que navegar por los menús es sencillo y por lo tanto lo califica como “Muy bueno”, mientras que el 16.7% cree que es navegar por los menús es fácil calificándolo como “Bueno”.

Interpretación a la pregunta (h): El 100% de los encuestados cree que el entorno de hoja de cálculo es sencillo y de fácil lectura.

Interpretación a la pregunta (i): El 100% considera que la información es comprensible.

EFICIENTE

Para comprobar el grado de eficiencia de la herramienta se hizo las siguientes consultas

- Ante alguna falla presentada en el sistema, la solución fue brindada y corregida rápidamente.
- La predicción usada por la herramienta fué:
- Cree Ud. Que utiliza eficientemente los recursos del computador en el que fue probado la herramienta.

	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	SI	NO	No Fallas
j.	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%
k.	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
l.	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	83.3%	0.0%	0.0%

Tabla 4 Toma de datos del indicador Eficiente

Fuente: Elaboración propia

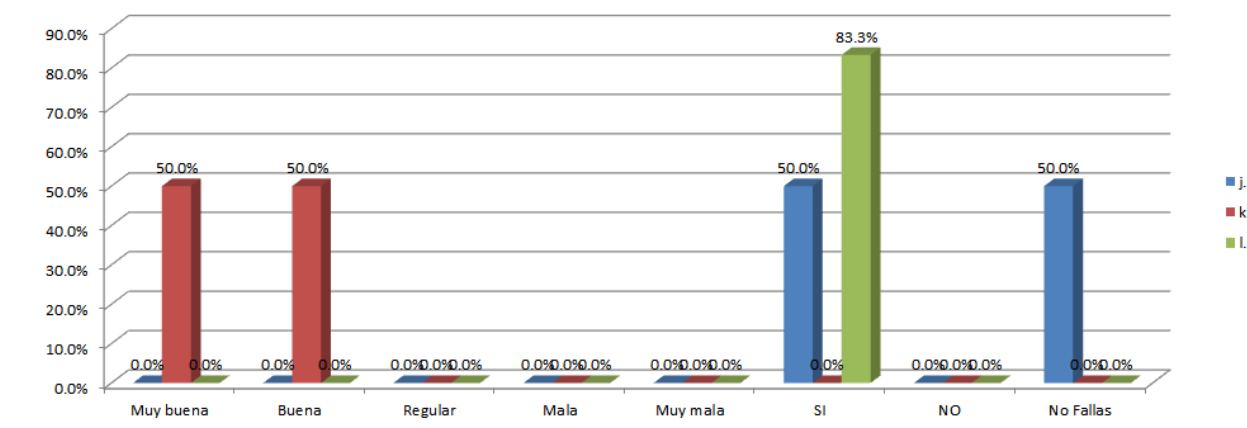


Ilustración 42 Gráficos de resultados de indicador eficiente

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación a la pregunta (j) : El 50% de los usuarios recibieron asistencia técnica a sus fallas técnicas, mientras que otro 50% no obtuvo ningún error en la herramienta.

Interpretación a la pregunta (k) : En la precisión en los pronósticos un 50% cree que es “muy buena” mientras que el otro 50% cree que es “buena”.

Interpretación a la pregunta (i): el 100% de las personas cree que se utilizó eficazmente los recursos para el cálculo de los pronósticos.

5.5.2 RESULTADOS ASOCIADOS

Los siguientes resultados, son los obtenidos después de aplicar la herramienta en una empresa real, la empresa es PepsiCo-Colombia cuyo contacto es el Sr. Sergio Romero se obtuvo la siguiente información para ver el comportamiento del inventario versus la venta, se tomó como situación inicial el mes de Abril, y como situación actual el mes de Septiembre, tenemos buenos resultados como consecuencia del trabajo realizado en pronostico y consensus regional para la sede de Foráneo Funza:

Reducción del Working Capital:

En unidades mínimas de **\$1.373.649** prom/día (33%)

En valor del inventario de **\$1,118,476,575** prom/día (31%)

Septiembre		
Cobertura	Unid/Dia	Valor/Dia
Unidades Salado Promedio	3.0	2,359,097
Unidades Galleta Promedio	12.4	354,286
	2,713,383	\$ 2,483,276,915

Abril		
Cobertura	Unid/Dia	Valor/Dia
Unidades Salado Promedio	4.8	3,839,920
Unidades Galleta Promedio	15.8	247,112
	4,087,032	\$ 3,601,753,490

Tabla 5 Unidades de ventas de salados y galletas en promedio

Fuente: Elaboración reporte mensual de Pepsico

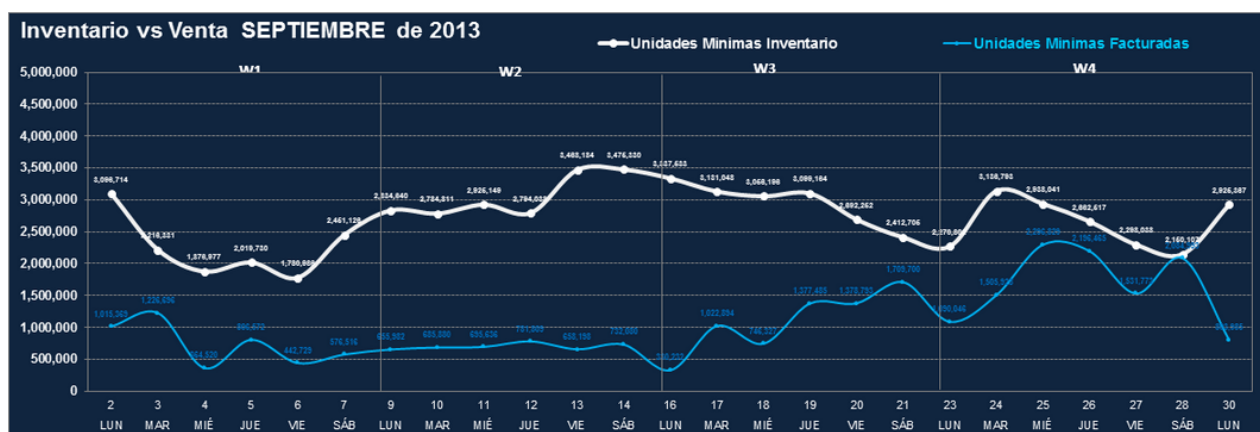


Ilustración 43 Inventario vs Ventas

Fuente: Elaboración de reportes mensual de PepsiCo Colombia.



Ilustración 44 Inventario vs Facturación

Fuente: Elaboración de reportes mensual de Pepsico Colombia

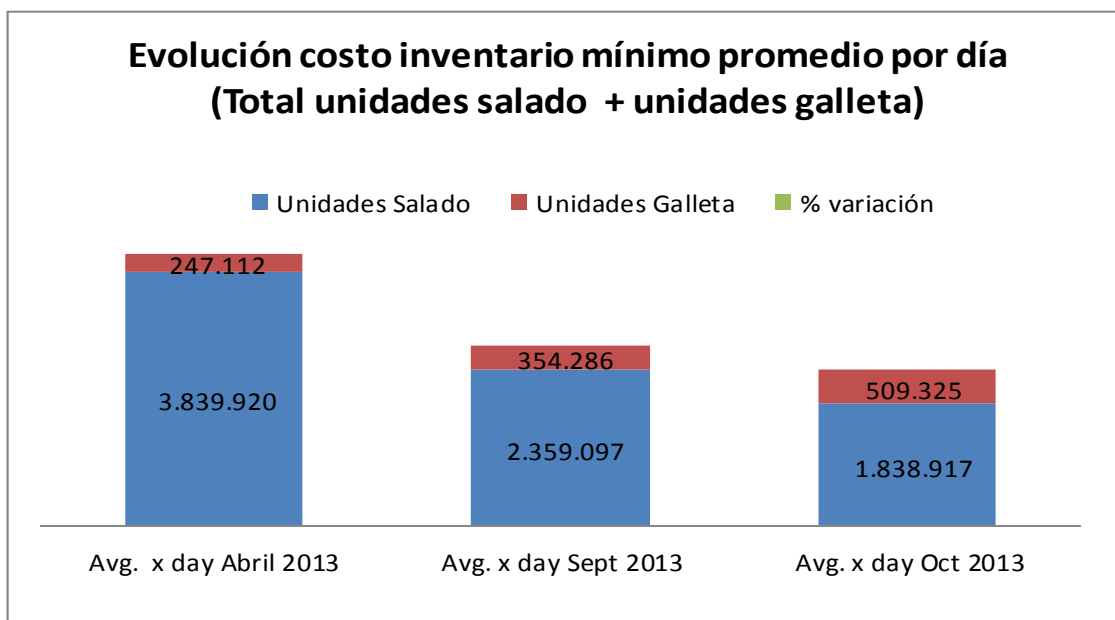


Ilustración 45 Evolución de inventarios

Fuente: Elaboración de reportes mensual de Pepsico Colombia

CATEGORÍA	Avg. x day Abril 2013	Avg. x day Sept 2013	Avg. x day Oct 2013
Unidades Salado	3.839.920	2.359.097	1.838.917
Unidades Galleta	247.112	354.286	509.325
Total inventario mínimo	4.087.032	2.713.383	2.348.241
% variación		-34%	-43%

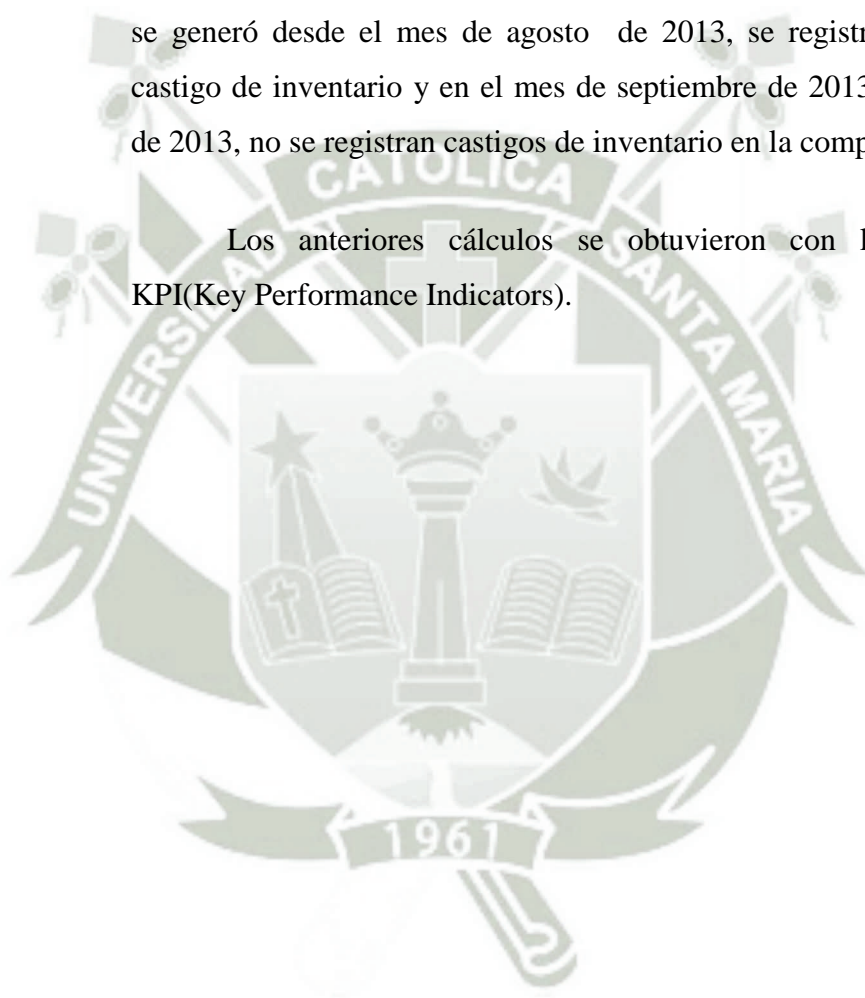
Tabla 6 Promedio de ventas

Fuente: Elaboración de reportes mensual de Pepsico Colombia

Del cuadro anterior, se puede visualizar una disminución de la cantidad total de inventario mínimo promedio por mes desde el mes de abril a octubre de 2013 de un total del 43% vs la cantidad de inventario registrada en promedio en el mes de abril de 2013. Esta reducción se genera por una mayor rotación del inventario generado por una mayor exactitud en la generación del modelo probabilístico de modelación de la demanda.

En consideración que la herramienta de pronóstico propuesta se generó desde el mes de agosto de 2013, se registra \$801.00 de castigo de inventario y en el mes de septiembre de 2013 y en octubre de 2013, no se registran castigos de inventario en la compañía.

Los anteriores cálculos se obtuvieron con las siguientes KPI(Key Performance Indicators).



CO DE	Area 2	KPI Type	KPI Name	Propósito KPI	Metric	Reglas de Medición	Measureme nt buckets	Timing	Calculation level	UM	META
1	Deman d Plannin g (DP)	Deman d Planni ng	% Cumpli mento Forecast	Mide el cumplimiento de las ventas reales frente al forecast	$FE = \frac{\sum \text{Volumen x Familia Real en periodo}}{\sum \text{Volumen Planificado en periodo}} * 100$	* KPI debe ser medido en base al cierre de la semana anterior * Agregación mensuales debe ser la media ponderada basada en el volumen de ventas de cada semana. * Los datos deben ser recuperados por semana, y luego informarlos a nivel mensual.	Seman al	Final del mes previo	PLANTA /ITEM/C ATEGO RIA	%	80%
2	Deman d Plannin g (DP)	Deman d Planni ng	% Forecast BIAS	Medir la existencia de prejuicios o de vicios en nuestro proceso de planificación de la demanda.	$FB = \frac{\sum \text{Venta Reales- Plan Forecast}}{\sum \text{Ventas Reales}} * 100$	* KPI debe ser medida en el ajuste semanal * Los datos deben ser recuperados por semana, y luego informarlos a nivel mensual.	Mensua l	Final del mes previo	PLANTA /ITEM/C ATEGO RIA	%	+20%
3	Deman d Plannin g (DP)	Deman d Planni ng	Forecast Accurac y (Operati vo)	Mide la habilidad para predecir las ventas en el pronóstico operacional	$FE = \frac{\sum \text{ABS Volumen x Familia (Plan-Real) en periodo}}{\sum \text{Volumen Planificado en periodo}} * 100$ $FA = 100\% - FE$	* KPI debe ser medido en base al cierre del mes * Agregación mensuales debe ser la media ponderada basada en el volumen de ventas de cada semana. * Los datos deben ser recuperados por semana, y luego informarlos a nivel mensual. * Este indicador mide valores absolutos	Mensua l	Final del mes previo	PLANTA /ITEM/C ATEGO RIA	%	20%

Ilustración 46 Indicadores clave para el cálculo de exactitud de los pronósticos

Fuente: Elaboración de acuerdo a los indicadores utilizados en el modelo de gestión de Pepsico Colombia

CO DE	Area 2	KPI Type	KPI Name	Proposito KPI	Metric	Reglas de Medición	Measureme nt buckets	Timing	Calculation level	UM	META
4	Deman d Plannin g (DP)	Deman d Planni ng	MPE	Mide la diferencia entre las ventas menos el real	$FB = \frac{\text{Forecast} - \text{Venta real}}{\text{Ventas reales}} * 100$	* Mide la diferencia promedio de la desviación entre el plan de ventas y las ventas reales considerando el número total de SKU * n = número de SKU	Mensua l	Final de la seman a previa	CD/ITE M/CATE GORIA	%	18%
5	Deman d Plannin g (DP)	Deman d Planni ng	MAPE	Mide el % promedio de desviación absoluta del forecast vs la venta real considerando el # total de SKU's	$FB = \frac{\sum \text{SKU MPE}}{n}$	* Mide la diferencia promedio de la desviación entre el plan de ventas y las ventas reales considerando el número total de SKU * n = número de SKU	Mensua l	Final de la seman a previa	CD/ITE M/CATE GORIA	%	18%

Ilustración 47 : Indicadores clave para el cálculo accuracy de pronósticos

Fuente: Elaboración de acuerdo a los indicadores utilizados en el modelo de gestión de Pepsico Colombia

CONCLUSIONES

PRIMERA: Si es posible crear una herramienta usando el método de Holt-Winters y K-means que al mismo tiempo sea dinámica, flexible, legible y eficaz.

SEGUNDA: El MSE(Mean Square Error), la DMA(Deviation Mean Absolute) y el complemento Solver han hecho de la herramienta más precisa en su pronóstico logrando eficacia y eficiencia en sus resultados.

TERCERA: Ha sido posible implementar la herramienta en un medio real, reduciendo el capital de trabajo en hasta un 33% en unidades salado y unidades galletas, los inventarios se han visto reducido hasta en un 43% para los productos antes mencionados, Esta reducción se genera por una mayor rotación del inventario debido a una mayor exactitud en la generación del modelo probabilístico.

CUARTA: El dinamismo, la flexibilidad, la legibilidad y eficacia fueron conseguidos donde la mayoría de los expertos calificaron a la herramienta como “muy buena”.

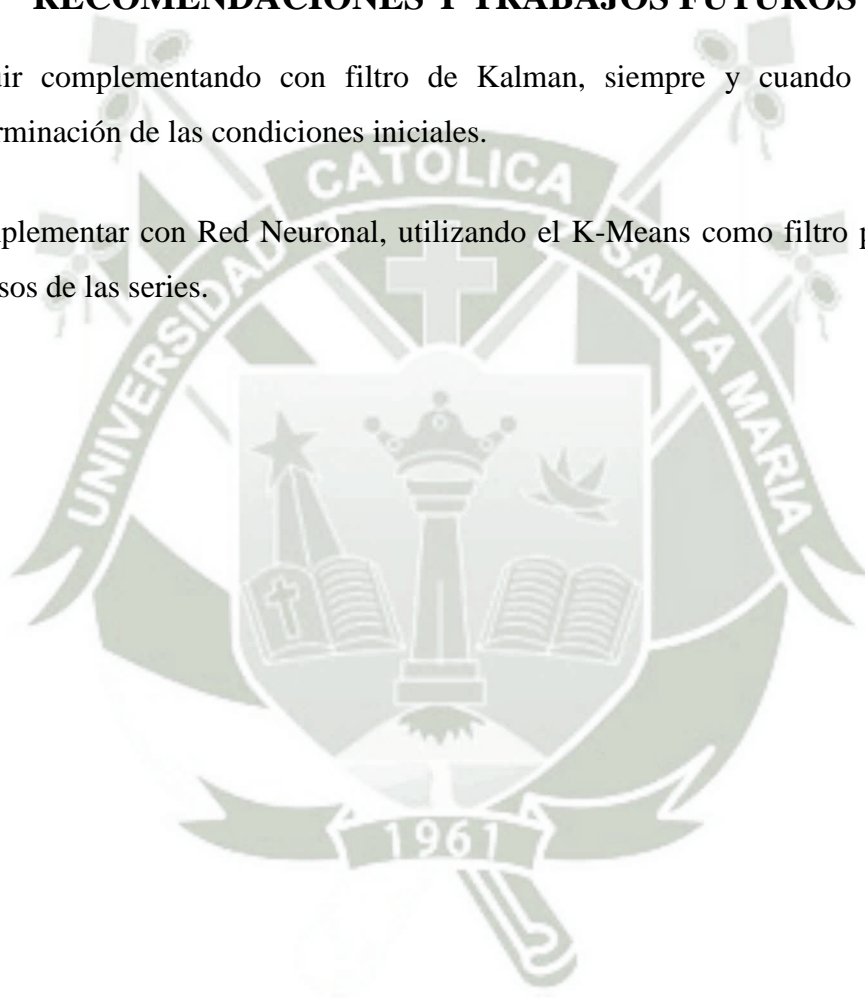
QUINTA: No hay que dejar de lado, las limitaciones puesto que ocurrió un paro en el mes de agosto del presente año en la empresa que se probó inicialmente la herramienta, echando por tierra todos los pronósticos obtenidos.

PROPUESTA DE VALOR Y VALOR CIENTIFICO AGREGADO

- * Propuesta de valor: La herramienta genera un gran soporte a los actuales modelos de gestión en la planeación de la demanda y procesos afines.
- * Valor científico agregado: Se mejoró el algoritmo K-Means en la determinación de los estados iniciales para el presente problema, y se complementa el algoritmo Holt Winters con MDA, MSE y Solver para mayor precisión en los pronósticos.

RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

- * Seguir complementando con filtro de Kalman, siempre y cuando se mejore la determinación de las condiciones iniciales.
- * Complementar con Red Neuronal, utilizando el K-Means como filtro para evitar los retrasos de las series.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS, ARTÍCULOS Y REVISTAS

[AMKHC6] Andrew Moore: “K-means and Hierarchical Clustering - Tutorial Slides”
<http://www-2.cs.cmu.edu/~awm/tutorials/kmeans.html>

[BTLK14] Brian T. Luke: “K-Means Clustering”
<http://fconyx.ncifcrf.gov/~lukeb/kmeans.html>

[CCTSF2] C. Chatfield. Time-Series Forecasting. Chapman and Hall/CRC, 2001. J. B. MacQueen (1967): "Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations, Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability", Berkeley, University of California Press, 1:281-297

[CCATS3] C. Chatfield. The Analysis of Time Series: an Introduction. Chapman and Hall, 1980.

[CCHWF5] C. Chatfield and M. Yar. Holt-Winters Forecasting: Some Practical Issues. The Statistician, vol. 37, pp. 129-140, 1988.

[GGDFE7] E.S. Gardner and D.G. Dannenbring. Forecasting with Exponential Smoothing: Some Guidelines for Model Selection. Decision Sciences, vol. 11, issue 2, pp. 370-383, 1980.

[GKECM8] G.K. Gro_. Empirical Comparison of Models for Short-Range Forecasting. Management Sciences, vol. 20, No. 1, pp. 22-31, 1973.

[HJHS16] Hans-Joachim Mucha and Hizir Sofyan: “Nonhierarchical Clustering”
<http://www.quantlet.com/mdstat/scripts/xag/html/xaghtmlframe149.html>

[SMWH13] S. Makridakis, S.C. Wheelwright and R.J. Hyndman. Forecasting: Methods and Applications. John Wiley & Sons, 1998.

[TRCL15] Tariq Rashid: “Clustering”
http://www.cs.bris.ac.uk/home/tr1690/documentation/fuzzy_clustering_initial_report/node11.html

TESIS

[HLSM02] MEDINA RODRIGUEZ, STEVEN CESAR ANGEL & LOPEZ DELGADO, HECTOR ALONSO “optimización de gestión de almacén y compras de la empresa “matizados y decoraciones” mediante reconocimiento de patrones por predicción de series de tiempo” Universidad Católica Santa María.

[JCD001] COLLANTES DUARTE JOANNA V., Predicción con redes Neuronales: Comparación con las Metodologías de Box y Jenkins, Venezuela, 2001
Consultado desde: [ttp://tesis.ula.ve/postgrado/tde_arquivos/16/TDE-2007-01-24T06:11:45Z-25/Publico/Joanna%20Collantes.pdf](http://tesis.ula.ve/postgrado/tde_arquivos/16/TDE-2007-01-24T06:11:45Z-25/Publico/Joanna%20Collantes.pdf)

[MMLFT4] MAIDER MATEOS DEL PINO, Directores: MIKEL LEZAUN ITURRALDE Y FERNANDO TUSELL PALMER, Departamento: Matemática Aplicada, Estadística e Investigación Operativa (Universidad del País Vasco).

OTRAS DE INTERNET DE INTERÉS

[CFMMS1] CURSO DE FOREX-Media Móvil Simple (SMA)
<http://www.youtube.com/watch?v=3eEXkznViWE>

[EMMPRL] EXPLICACIÓN DE MEDIA MÓVIL SIMPLE PONDERADA Y REGRESIÓN LINEAL <http://www.youtube.com/watch?v=yaGLEzyiOsk>

[FEHWT3] FORECASTING IN EXCEL USING HOLT-WINTERS TECHNIQUE
http://www.youtube.com/watch?v=VLIGO_fCdX0

[GSDEXE] GUIA SOLVER DE EXCEL
<http://office.microsoft.com/es-es/excel-help/cargar-el-complemento-solver-HP010021570.aspx>

[INAMAC] INTRODUCCIÓN A LAS MACROS
<http://exceltotal.com/introduccion-a-las-macros/>

[LRMFKA] PFC: LOCALIZACIÓN DE ROBOTS MEDIANTE FILTRO DE KALMAN (SERGIO PEREIRA RUIZ)
http://www.ehowen espanol.com/definicion-error-cuadratico-medio-hechos_130449/

[MEABDE] MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION
http://en.wikipedia.org/wiki/Median_absolute_deviation

[MESQER] MEAN SQUARED ERROR
http://en.wikipedia.org/wiki/Mean_squared_error

[MMP001] MEDIA MOVIL PONDERADA
<http://www.youtube.com/watch?v=erJlJBqvJTg>

[PROEXE] PROGRAMANDO EN EXCEL

<http://exceltotal.com/programando-en-vba/>

[RRUML4] UNA REFERENCIA RÁPIDA DE UML

<http://www.holub.com/goodies/uml/>

[SCEXE2] SUAVIZAMIENTO CON EXCEL

<http://www.youtube.com/watch?v=7gNneyywJhI>

[TDSIBM] TUTORIAL DE DIAGRAMAS DE SECUENCIA (IBM)

<http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/3101.html>

[TDSTMO] TUTORIAL DE DIAGRAMAS DE SECUENCIA (TRACE MODELER)

http://www.tracemodeler.com/articles/a_quick_introduction_to_uml_sequence_diagrams/index.html



ANEXO A

CUESTIONARIO

DINÁMICO

d. En qué grado le parece dinámica la herramienta:

Muy buena ___ Buena ___ Regular ___

Mala ___ Muy mala ___

e. En qué grado cree Ud. Que la herramienta se adapta a la salida y entrada de nuevos productos en el mercado:

Muy buena ___ Buena ___ Regular ___

Mala ___ Muy mala ___

f. En qué grado considera Ud. Que la herramienta se adapta a su tipo de negocio.

Muy buena ___ Buena ___ Regular ___

Mala ___ Muy mala ___

FLEXIBLE

g. La herramienta brindada puede ser editable:

Muy buena ____ Buena ____ Regular ____

Mala ____ Muy mala ____

- h. La herramienta puede permitir seguir implementándose funciones agregadas a través del ambiente programador (VBA):

Muy buena ____ Buena ____ Regular ____

Mala ____ Muy mala ____

- i. Consideraría Ud. Utilizarla en su empresa, como una herramienta flexible?

SI ____ NO ____

LEGIBLE

- j. En qué grado considera Ud. Que navegar por los menús es sencillo?.

Muy buena ____ Buena ____ Regular ____

Mala ____ Muy mala ____

- k. Es fácil la lectura de la información en un entorno de hoja de Cálculo?

SI ____ NO ____

- l. Considera Ud. Que la información es legible y comprensible?.

SI ____ NO ____

EFICIENTE

- m. Ante alguna falla presentada en el sistema, la solución fue brindada y corregida rápidamente.

SI ____ NO ____ NINGUNA FALLA OCURRIÓ ____

- n. La predicción usada por la herramienta fué:

Muy buena ____ Buena ____ Regular ____

Mala ____ Muy mala ____

- o. Cree Ud. Que utiliza eficientemente los recursos del computador en el que fue probado la herramienta.

SI ____ NO ____

OBSERVACIONES Y/O SUGERENCIAS



ANEXO B

COMENTARIOS REPRESENTATIVOS DE ENCUESTAS

- Herramienta de fácil acceso y comprensión para generación de previsiones de futuro. Se puede adaptar a otros negocios. (**Daysi Gabriela Betancout Bastidas**).
- Genera una predicción muy acertada, disminuye la carga de trabajo al pronosticar manualmente, permite manejar alto número de skus. Se necesita más de un año de historia para que trabaje mejor. Hay que seguir trabajando en la determinación de las constantes para el tipo de negocio. (**Sergio Romero Gil**).

ANEXO C

CODIGO FUENTE DE ALGORITOMOS REPRESENTATIVOS

K-MEANS

```

Function kMeansSelection() As Boolean
'Get user table selection
    On Error Resume Next

    Range("A1").Select
    Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
    Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
    Set Table = Application.Selection

    If Table Is Nothing Then Exit Function    'Cancelado

    'Check table dimensions
    If Table.Rows.Count < 4 Or Table.Columns.Count < 2 Then
        Err.Raise Number:=vbObjectError + 1000, Source:="k-Means Cluster Analysis", Description:="Table has
insufficient rows or columns."
    End If
    'Get number of clusters
    Dim numClusters As Integer
    'numClusters = Application.InputBox("Specify Number of Clusters", "k Means Cluster Analysis", Type:=1)
    numClusters = 6
    If Not numClusters > 0 Or numClusters = False Then
        Exit Function    'Cancelled
    End If
    If Err.Number = 0 Then
        If kMeans(Table, numClusters) Then
            outputClusters
        End If
    End If
    kMeansSelection_Error:
    kMeansSelection = (Err.Number = 0)
End Function

Function kMeans(Table As Range, Clusters As Integer) As Boolean
' Tabla - Rango de datos al grupo. Registros ( filas ) son agrupados de acuerdo al attibuto/dimensiones ( columnas )
' Clusters -
'Clusters - Numero de clusters para agrupar los registros.
    On Error Resume Next
    'Script Variables de desarrollo
    Dim PassCounter As Integer
    'Inicializar Arrays de datos
    ReDim Record(2 To Table.Rows.Count)
    Dim r As Integer    'registro
    Dim d As Integer    'Indice de la dimenasion
    Dim d2 As Integer    'Indice de la dimenasion
    Dim C As Integer    'Indice del centroide
    Dim c2 As Integer    'Indice del centroide

```

```

Dim di As Integer      'distancia
Dim x As Double        'Distancia Variable "Placeholder"
Dim y As Double        'Distancia Variable "Placeholder"
For r = LBound(Record) To UBound(Record)
    'Inicializar el valor de la dimension de los
    ReDim Record(r).Dimension(2 To Table.Columns.Count)
    'Inicializar la Distancia de Arrays
    ReDim Record(r).Distance(1 To Clusters)
    For d = LBound(Record(r).Dimension) To UBound(Record(r).Dimension)
        Record(r).Dimension(d) = Table.Rows(r).Cells(d).Value
    Next d
Next r

'Inicializar el array de centroides iniciales
ReDim Centroid(1 To Clusters)
Dim uniqueCentroid As Boolean

For C = LBound(Centroid) To UBound(Centroid)
    ' Inicializar la profundidad de la dimensión de centroides
    ReDim Centroid(C).Dimension(2 To Table.Columns.Count)

    'Inicializar el registro indice del siguiente registro
    r = LBound(Record) + C - 2

    Do      ' Bucle para segurar que el nuevo centroide es único
        r = r + 1      ' Incrementar el indice del registro a lo largo del bucle para hallar el registro a usar como un
        centroide

        'Asignar las dimensiones de registro a centroide
        For d = LBound(Centroid(C).Dimension) To UBound(Centroid(C).Dimension)
            Centroid(C).Dimension(d) = Record(r).Dimension(d)
        Next d

        uniqueCentroid = True

        For c2 = LBound(Centroid) To C - 1

            ' Bucle a través de las dimensiones de registro para verificar si todos son los mismos
            x = 0
            y = 0
            For d2 = LBound(Centroid(C).Dimension) To _
                UBound(Centroid(C).Dimension)
                x = x + Centroid(C).Dimension(d2) ^ 2
                y = y + Centroid(c2).Dimension(d2) ^ 2
            Next d2

            uniqueCentroid = Not Sqr(x) = Sqr(y)
            If Not uniqueCentroid Then Exit For
        Next c2

        Loop Until uniqueCentroid
    Next C

    'Calcular la distancia de los centroides

    Dim lowestDistance As Double
    Dim lastCluster As Integer
    Dim ClustersStable As Boolean
    Do      'mientras los Clusters no son estables
        PassCounter = PassCounter + 1
        ClustersStable = True

        'bucle por los registros
        For r = LBound(Record) To UBound(Record)

            lastCluster = Record(r).Cluster
            lowestDistance = 0      'restablece la minima distancia

            'Recorrer distancias de registro para centroides
            For C = LBound(Centroid) To UBound(Centroid)

                '=====
                '          Calculo de la distancia Euclideana
                '=====
                d(p,q) = Sqr((q1 - p1)^2 + (q2 - p2)^2 + (q3 - p3)^2)
            
```



```

'-----
' X = (q1 - p1)^2 + (q2 - p2)^2 + (q3 - p3)^2
' d(p,q) = X

x = 0
y = 0
'Recorre a traves de los registros de la dimension
For d = LBound(Record(r).Dimension) To _
    UBound(Record(r).Dimension)
    y = Record(r).Dimension(d) - Centroid(C).Dimension(d)
    y = y ^ 2
    x = x + y
Next d

x = Sqr(x)    'Obtener la raiz cuadrática

'Si la distancia para centroide es la menor(o la primera iteración) asigna registro para centroide de cluster.
If C = LBound(Centroid) Or x < lowestDistance Then
    lowestDistance = x
    'Asigna la distancia de centroide para cada registro
    Record(r).Distance(C) = lowestDistance
    'Asigna un registro para centroide
    Record(r).Cluster = C
End If
Next C

'Solamente cambia en caso de ser verdadero
If ClustersStable Then ClustersStable = Record(r).Cluster = lastCluster

Next r

'Mueve los centroides para el cluster promedio calculado
For C = LBound(Centroid) To UBound(Centroid)    'Para cada cluster

    'Recorrido a traves de las dimensiones de cluster
    For d = LBound(Centroid(C).Dimension) To _
        UBound(Centroid(C).Dimension)

        Centroid(C).Cluster = 0    'Restablecer el numero de registros en cluster
        Centroid(C).Dimension(d) = 0    'restablecer las dimensiones de centroides

    For r = LBound(Record) To UBound(Record)

        If Record(r).Cluster = C Then
            'Usado para calcular el promedio de la dimension de los registros en el cluster

            Centroid(C).Cluster = Centroid(C).Cluster + 1
            Centroid(C).Dimension(d) = Centroid(C).Dimension(d) + _
                Record(r).Dimension(d)

        End If

    Next r

    Centroid(C).Dimension(d) = Centroid(C).Dimension(d) / _
        Centroid(C).Cluster

Next d
Next C

Loop Until ClustersStable

kMeans = (Err.Number = 0)
End Function

Function outputClusters() As Boolean

    Dim C As Integer    'Indice de centroide
    Dim r As Integer    'Indice de filas
    Dim d As Integer    'Indice de la dimension

    Dim oSheet As Worksheet
    On Error Resume Next

```

```

Set oSheet = addWorksheet("Análisis de Clusters", ActiveWorkbook)

Dim rowNumber As Integer
rowNumber = 1

'Salida de cabeceras
With oSheet.Rows(rowNumber)
    With .Cells(1)
        .Value = "Categoría"
        .Font.Bold = True
        .HorizontalAlignment = xlCenter
    End With
    With .Cells(2)
        .Value = "Centroide-Clasificación"
        .Font.Bold = True
        .HorizontalAlignment = xlCenter
    End With
End With

'Imprimiendo registros
rowNumber = rowNumber + 1 'Fila en blanco
For r = LBound(Record) To UBound(Record)
    oSheet.Rows(rowNumber).Cells(1).Value = Table.Rows(r).Cells(1).Value
    oSheet.Rows(rowNumber).Cells(2).Value = Record(r).Cluster
    rowNumber = rowNumber + 1
Next r

'Imprimir Centroides - Encabezados
rowNumber = rowNumber + 1
""
nRowIniGraph = rowNumber
For d = LBound(Centroid(LBound(Centroid)).Dimension) To UBound(Centroid(LBound(Centroid)).Dimension)
    With oSheet.Rows(rowNumber).Cells(d)
        .Value = Table.Rows(1).Cells(d).Value
        .Font.Bold = True
        .HorizontalAlignment = xlCenter
    End With
Next d

'Imprimir Centroides
For C = LBound(Centroid) To UBound(Centroid)
    rowNumber = rowNumber + 1
    With oSheet.Rows(rowNumber).Cells(1)
        .Value = C
        .Font.Bold = True
    End With
    'Valor = "Centroide " & c

    For d = LBound(Centroid(C).Dimension) To UBound(Centroid(C).Dimension)
        oSheet.Rows(rowNumber).Cells(d).Value = Centroid(C).Dimension(d)
    Next d
Next C
nRowFinGraph = rowNumber
oSheet.Columns.AutoFit '//Autocompletado del contenido de las columnas

outputClusters_Error:
    outputClusters = (Err.Number = 0)
End Function

```

HOLT-WINTERS

```
Function lxHWinterTemplate()
' copia de X1: encabezados
  Sheets("Calculos").Select
  Range("B4").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlToRight)).Select
  Range(Selection, Selection.End(xlUp)).Select
  Selection.Copy
  Sheets("HoltWinters").Select
  Range("A2").Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=True
  Application.CutCopyMode = False
  ' eliminar columnas innecesarias
  Rows(Trim(Str(NTDinColum + 1)) & ":" & Trim(Str(NTDinColum + 6))).Select
  Selection.Delete Shift:=xlUp

  Range("A1").Select
  ActiveCell.Formula = "N°"
  Range("B1").Select
  ActiveCell.Formula = "Fecha"
  Range("C1").Select
  ActiveCell.Formula = "Mes"
  Range("D1").Select
  ActiveCell.Formula = "Semana"
  Range("E1").Select
  ActiveCell.Formula = "Ventas"
  Range("F1").Select
  ActiveCell.Formula = "Estacionalidad"
  Range("G1").Select
  ActiveCell.Formula = "Nivel"
  Range("H1").Select
  ActiveCell.Formula = "Tendencia"
  Range("I1").Select
  ActiveCell.Formula = "Proyección"
  Range("J1").Select
  ActiveCell.Formula = "Mínimo"
  Range("K1").Select
  ActiveCell.Formula = "Max"
  Range("L1").Select
  ActiveCell.Formula = "Alpha"
  Range("M1").Select
  ActiveCell.Formula = 0.022298813
  Range("I2").Select
  ActiveCell.Formula = "Beta"
  Range("M2").Select
  ActiveCell.Formula = 0.17030773
  Range("I3").Select
  ActiveCell.Formula = "Gamma"
  Range("M3").Select
  ActiveCell.Formula = 0.472697641
  Range("I4").Select
  'MSE
  ActiveCell.Formula = "MSE"
  Range("M4").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = _
  "=SUMXMY2(R[11]C[-8]:INDIRECT("'"&E"'&COUNTA(C[-8])),R[11]C[-4]:INDIRECT("'"&I"'&COUNTA(C[-8])))"
  Range("N1").Select
  ActiveCell.Formula = "Zigma"
  Range("O1").Select
  ActiveCell.Formula = "Multitud"
  Range("P1").Select
  ActiveCell.Formula = "C_J"
  Range("Q1").Select
  ActiveCell.Formula = "C_J inv"
  Range("R1").Select
  ActiveCell.Formula = "theta"
  Range("S1").Select
  ActiveCell.Formula = "vh"
```



```

ActiveWorkbook.Names.Add Name:="Alpha", RefersToR1C1:= _
    "=HoltWinters!R1C13"
ActiveWorkbook.Names.Add Name:="Beta", RefersToR1C1:= _
    "=HoltWinters!R2C13"
ActiveWorkbook.Names.Add Name:="Gamma", RefersToR1C1:= _
    "=HoltWinters!R3C13"

' Formulas dinámicas
' Estacionalidad Inicial de historico
h = 2
ActiveSheet.Cells(h, 1).Select
While (Val(Selection.Value) < 52)
    ActiveSheet.Cells(h, 1).Select
    h = h + 1
Wend
For i = 0 To h - 3
    ActiveSheet.Cells(i + 2, 6).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]/AVERAGE(R2C5:R" & h - 1 & "C5)"

    '-----
    If i = 0 Then
        ActiveSheet.Cells(i + 2, 14).Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R[52]C[-2]:INDIRECT("'" & COUNTA(C[-9]))")"
    End If
    ActiveSheet.Cells(i + 2, 15).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = _
        "=INDIRECT("'" & COUNTA(C[-8]))+(ROW(RC)-1)*INDIRECT("'" & COUNTA(C[-10]))"
    ActiveSheet.Cells(i + 2, 16).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=Alpha*(1+(ROW(RC[-1])-1)*Beta)"
    ActiveSheet.Cells(i + 2, 17).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=INDIRECT("'" & (55-ROW(RC[-1])))"
    ActiveSheet.Cells(i + 2, 18).Select
    If i = 0 Then
        ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-3]*RC[-3]"
    Else
        ActiveCell.FormulaR1C1 = _
            "=RC[-3]*RC[-3]+R2C14*SUMPRODUCT(R2C18:R[-1]C,INDIRECT("'" & (56-ROW(RC[-1]))):R" &
h - 1 & "C17)"
    End If
    ActiveSheet.Cells(i + 2, 19).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = _
        "=((RC[-1]*(1+R2C14)-RC[-4]*RC[-4])*INDIRECT("'" & (COUNTA(C[-14])-53+ROW(RC)))^2"
    '-----
Next i
' Nivel inicial del histórico
ActiveSheet.Cells(h - 1, 7).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=AVERAGE(R2C5:R" & h - 1 & "C5)"
' Tendencia inicial del histórico
ActiveSheet.Cells(h - 1, 8).Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=(AVERAGE(R[1]C[-3]:R[52]C[-3])-AVERAGE(R[-" & h - 3 & "]C[-3]:RC[-
3]))/52"
Range("A1").Select
Selection.End(xlDown).Select
nTotWeek = Selection.Value
For d = h To nTotWeek + 1
    ActiveSheet.Cells(d, 6).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-1]="""", """, Gamma*(RC[-1]/RC[1])+(1-Gamma)*R[-52]C)"
    ActiveSheet.Cells(d, 7).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-2]="""", """, Alpha*(RC[-2]/R[-52]C[-1])+(1-Alpha)*(R[-1]C+R[-
1]C[1]))"
    ActiveSheet.Cells(d, 8).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-3]="""", """, Beta*(RC[-1]-R[-1]C[-1])+(1-Beta)*R[-1]C)"
    ActiveSheet.Cells(d, 9).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = _
        "=IF(ROW(RC)>COUNTA(C[-4])+52, """, IF(R[-1]C[-4]="""", (INDIRECT("'" & COUNTA(C[-
4]))+(ROW(R[-1]C)-COUNTA(C[-4]))*INDIRECT("'" & COUNTA(C[-4]))*INDIRECT("'" & (ROW(RC[-3])-
52)), (R[-1]C[-2]+R[-1]C[-1])*R[-52]C[-3]))"
    ActiveSheet.Cells(d, 10).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = _
        "=IF(RC[-1]="""", """, IF(RC[-5]="""", RC[-1]-1.96*SQRT(INDIRECT("'" & (1+ROW(RC)-COUNTA(C[-
5]))), """))"
    ActiveSheet.Cells(d, 11).Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = _
        "=IF(RC[-2]="""", """, IF(RC[-6]="""", RC[-2]+1.96*SQRT(INDIRECT("'" & (1+ROW(RC)-COUNTA(C[-
6]))), """))"

```

```
ActiveSheet.Cells(d, 12).Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=IF(RC[-7]=""", """, ((RC[-3]-RC[-7])/RC[-3])^2)"  
Next d  
End Function
```

